차 례

참 고

자료

일화

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《물리학은 매우 중요한 학문입니다. 물리학은 자연의 다양하고 복잡한 물질운동가운데서 가장 기초적이고 보편적인 운동에 대하여 연구합니다.》

우리를 둘러싸고있는 무한대한 물질세계는 끊임없이 운동하고 변화발전한다.

물리학이라는 말은 말그대로 만물의 리치를 밝히는 학문이라는 뜻을 담고있다.

물리지식은 우리 둘레에서 볼수 있는 물체들에 대한 지식으로부터 점차 물질의 제일 작은 구조인 10^{-15}m의 미시립자에 대한 지식, 지구와 해, 우리은하계와 우주에 대한 지식까지 넓은 대상을 포함한다.

물리학은 이처럼 다양하고 복잡한 물질의 운동가운데서 가장 기초적이면서도 보편적인 운동의 근본리치를 밝혀내는 자연과학의 한 분야로서 다른 자연과학분야들과 현대기술의 중요한 기초를 이룬다.(그림 1)

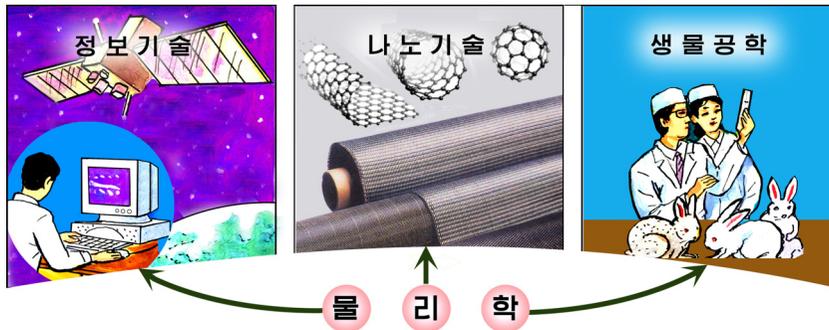
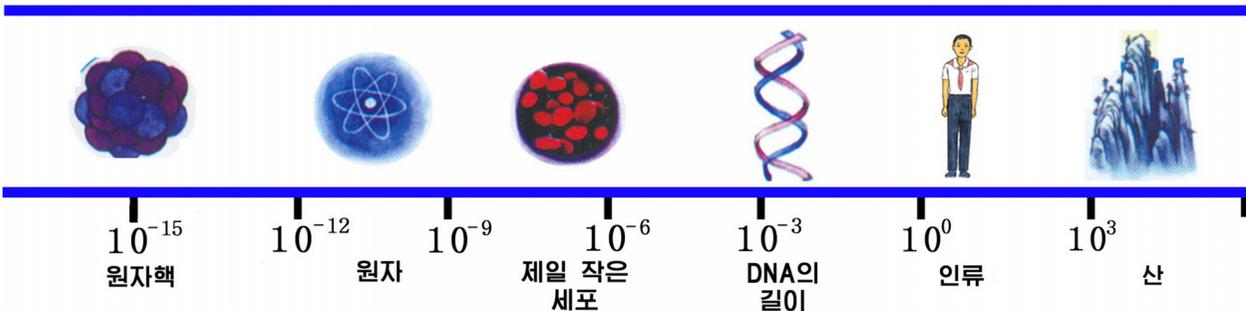



그림 1. 물리학은 현대기술의 중요한 기초를 이룬다

물리과목학습을 잘하여야 나라의 과학기술을 더욱 발전시키고 인민경제 여러 분야에서 나서는 과학기술적문제들을 더 잘 풀수 있게 되며 발전된 새로운 기계도 척

척 만들어낼수 있다.

최근에 우리 나라에서는 첨단나노측정설비인 주사굴현미경을 만들어내여 나노기술발전에 크게 이바지할수 있게 되였다.(그림 2)

그림 2. 우리 나라에서 만든 주사굴현미경

그러면 물리과목에서는 무엇을 배우는가.

우선 물리과목에서는 자연계에서 일어나는 여러가지 물리적현상들과 그 근본리치를 밝히는 원리와 법칙들에 대하여 배우게 된다.(그림 3, 4)

물리과목에서는 우리를 둘러싸고있는 물질세계의 가장 일반적인 성질들을 력학, 열학, 전기학, 광학, 원자 및 핵물리학 등의 체계로 배우게 된다.

또한 물리과목에서는 물리학의 원리와 법칙들을 우리 생활과 기술에 어떻게 응용하겠는가에 대하여 배운다.(그림 5, 6)

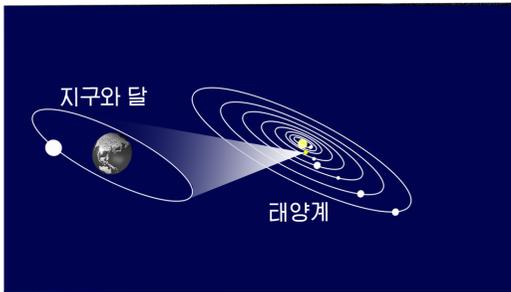
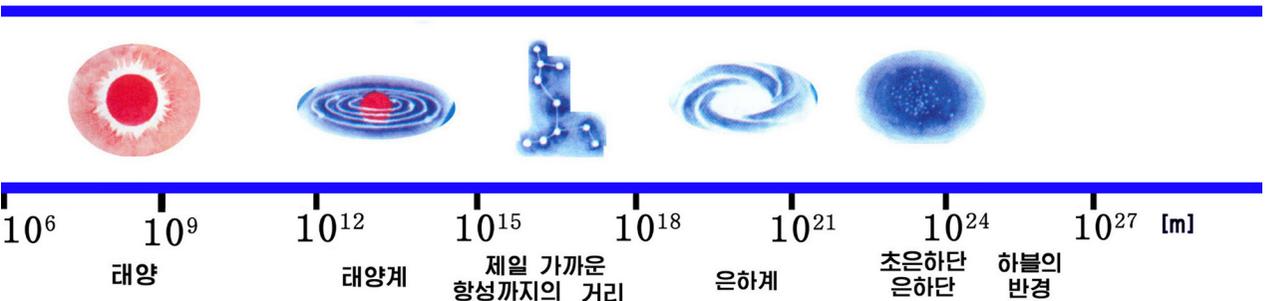



그림 3. 지구는 왜 태양둘레를 끊임없이 돌고있을가

그림 4. 무지개는 왜 생길가

2학년 물리과목에서는 물리에서의 측정, 운동과 힘, 일, 물질의 구조, 압력과 뜰힘에 대한 지식을 배우게 된다.

그러면 물리를 어떻게 하면 잘 배울수 있는가.

무엇보다도 물리학습을 잘하려면 관찰과 실험을 중시하여야 한다.

아르키메데스는 목욕탕의 욕조속에 들어갈 때 몸이 가벼워지면서 물이 넘어나는 현상을 보고 뜰힘의 법칙을 발견하였으며 뉴톤은 사과나무에서 사과가 땅으로 떨어지는 현상을 보고 만유인력법칙을 발견하였다. 이처럼 물리적현상에 대하여 세심히 관찰하고 다른것과 비교하면서 따져보는 습관을 붙여야 한다.

그림 5. 빛섬유는 통신, 의학분야뿐아니라 장식, 조명, 감시, 소재의 가공 등 여러 분야에 널리 리용되고있다

16세기에 갈릴레이는 피사의 기울어진 탑에서 무거운 구와 가벼운 구를 락하시키는 단 한번의 실험으로 수천년동안 공인되여오던 무거운 물체가 가벼운 물체보다 먼저 떨어진다는 리론을 반박하였다.

학생들은 실험을 하면서 새로운 방법을 꾸준히 찾아보고 실험결과를 배운 지식으로 해석해보아야 한다.

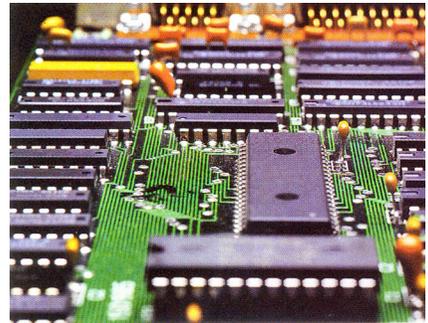



그림 6. 집적소자는 콤퓨터, TV를 비롯한 전자장치들에 널리 쓰이고있다

또한 물리학습을 잘하려면 깊이 사색하여 배운 지식을 정확히 리해하고 그속에 들어있는 리치를 똑똑히 알아야 한다.

물리지식은 여러가지 물리적현상들을 관찰하고 분석한데 기초하여 비본질적인것을 버리고 본질적인것을 찾아내여 법칙으로 묶어놓는 과정을 통하여 얻어진것이다. 만일 과학적인 사고과정을 제대로 거치지 않으면 일부 물리공식들과 정의들만이 머리에 남아있게 되고 물리지식의 폭넓은 의미와 그 다양한 응용에 대하여 알수 없게 된다. 그러므로 깊이 따져보면서 새로운 물리적착안점들을 찾아내고 그에 대한 환상의 나래를 펴고 상상력을 키우는것이 중요하다.

다음으로 물리학습을 잘하려면 배운 지식을 실천에 자주 응용하여보며 련습을 많이 하여야 한다.

학생들은 물리학습의 목적과 물리공부를 잘하기 위한 방도를 잘 알고 물리학습에 힘을 넣어야 한다.

그리하여 누구나 물리학습을 열심히 하여 경애하는 **김정은**선생님의 령도따라 내 나라, 내 조국을 위대한 **김일성**조국, **김정일**장군님의 나라로 빛내여나가야 한다.

제1장. 물리에서 측정

혁명의 성산 백두산은 우리 나라에서 제일 높은 산이다.

물리에서는 물체가 얼마나 높고낮은가, 얼마나 무겁고 가벼운가, 얼마나 빠르고 뜬가, 얼마나 밝고 어두운가, 얼마나 덥고 찬가 하는것 등을 량으로 나타내는데 이것은 반드시 측정을 통하여 옳게 평가하여야 한다.

이 장에서는 길이, 질량, 시간, 온도, 밀도는 어떤 량이며 그의 측정은 어떻게 하는가, 여기에 어떤 단위들이 쓰이는가를 배우게 된다.

제 1절. 길이의 측정

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 위대한 수령 **김일성**대원수님께서 이룩하여놓으신 불멸의 혁명업적을 세계만방에 길이 빛내이시려고 평양의 대동강반에 주체사상탑을 높이 세워주시였다.(그림 1-1)

그림 1-1. 주체사상탑

주체사상탑은 세계에서 제일 높은 석탑이다.

높이가 얼마나 높고 낮은가, 거리가 얼마나 멀고 가까운가, 물체가 얼마나 길고 짧은가 하는것은 길이로 나타낸다.

길이를 측정한다는것은 물체의 길이가 단위로 정한 길이의 몇배인가를 알아내는것이다.

길이의 단위

길이의 단위에는 여러가지가 있는데 제일 많이 쓰는 단위는 **메터**라고 부르며 그 기호는 m 이다.

1m보다 큰 단위에는 1km(키로메터), 작은 단위에는 1cm(센치메터), 1mm(미리메터), 1μm(마이크로메터), 1nm(나노메터) 등이 있다.

이것들사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$1\text{km}=1\,000\text{m}=10^{3}\text{m}$$
$$1\text{cm}=0.01\text{m}=10^{-2}\text{m}$$
$$1\text{mm}=0.001\text{m}=10^{-3}\text{m}$$
$$1\mu\text{m}=0.000\,001\text{m}=10^{-6}\text{m}$$
$$1\text{nm}=0.000\,000\,001\text{m}=10^{-9}\text{m}$$

그림 1-2. 1m의 길이

1m는 1791년 국제회의에서 지구자오선길이의 4천만분의 1로 정한것이다.(그림 1-2)

그후 1879년에는 백금-이리디움합금으로 길이가 1m이고 자름면이 《X》자모양인 국제표준메터원기를 만들어 국제도량형국에 보존하였으며 이것을 1m의 기준으로 정하였다.(그림 1-3)

그런데 그것을 영구보존하기가 어려우므로 1983년 10월 국제계량총회에서는 빛이 진공속에서 299 792 458분의 1s동안에 지나간 길이를 1m로 규정하였다.

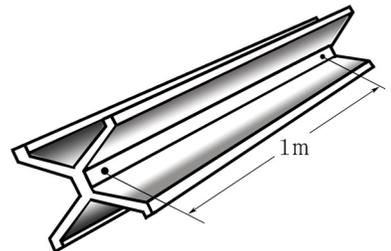



그림 1-3. 표준메터원기

길이의 측정

길이를 재기 위해서는 기준으로 정해놓은 길이의 단위를 눈금으로 새긴 자가 있어야 한다.(그림 1-4) 그리고 자를 길이를 재려는 물체에 정확히 대고 그것이 단위길이의 몇배인가를 알아내야 한다.(그림 1-5)

자에 새겨진 한 눈금의 길이가 작을수록 길이를 보다 정확히 측정할수 있다. 때문에 재려는 물체의 길이를 정확히 알자면 그에 알맞는 자를 선택해야 한다.

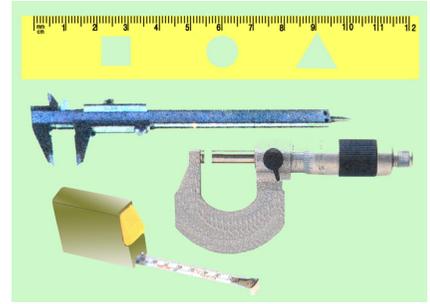



그림 1-4. 여러가지 자

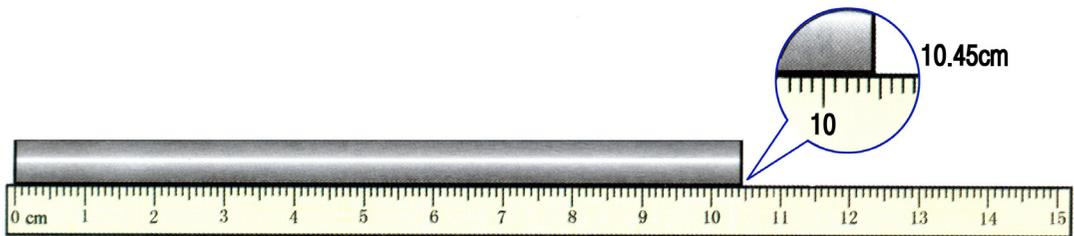



그림 1-5. 길이를 측정할 때 눈금을 정확히 읽어야 한다

자료 길이의 우리 민족단위, 메터의 유래

먼 옛날부터 매개 나라마다 여러가지 길이의 단위를 제각기 정하고 써왔다.

고대에짚트에서는 팔굽으로부터 가운데손가락끝까지를 길이의 단위로 정하였고 중국에서는 기장쌀 1알의 크기를 길이의 단위로 정하였다.

우리 나라에서도 벌써 오래전에 그 어느 나라보다도 먼저 길이의 단위를 정하고 써왔다.(그림 1-6) 우리 선조들은 가운데손가락의 가운데마디의 길이를 1치로 정하고 썼으며 이밖에도 리, 척, 푼 등을 길이의 단위로 리용하였다.

1리=392.7m　　1치=10푼=3.030 3cm

1척(자)=10치=0.303 03m　　1푼=100모=3.030 3mm

길이의 단위를 매 나라마다 제각기 정해놓다나니 같은 길이도 서로 다르게 리용되여 사람들의 생활에서 혼잡이 일어나고 과학과 기술을 발전시키는데서도 난관이 조성되였다.

1치

그림 1-6. 1치의 길이

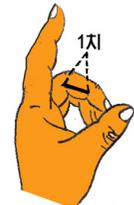
이로부터 세계의 많은 나라들은 길이의 단위를 1m로 정하고 표준 1m 길이의 원기를 만들어냈다.

? 길이를 재는데 적당한 자만 있으면 길이를 정확히 잴수 있는가.

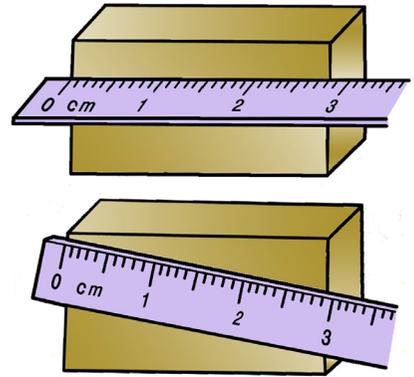
그림 1-7에서 보는것처럼 물체의 길이를 잴 때 자를 정확히 놓지 못했거나 눈금을 바로 보지 못하면 측정값이 실제값과 차이나게 된다.

이렇게 잴 때 생긴 측정값과 실제값과의 차이를 **측정오차**라고 부른다.

측정오차를 될수록 줄이고 실제길이에 가까운 길이를 얻으려면 여러번 측정하여 얻은 값들을 평균해야 한다.

그림 1-7. 어느것이 옳고 어느것이 잘못된것인가

례를 들어 교실의 너비를 세번 측정하여 각각 5.95m, 5.93m, 5.96m를 얻었다면 $(5.95+5.93+5.96)\div3=5.947\approx5.95$(m) 즉 그의 평균값은 교실의 실지너비에 가까운 길이로 된다.

측정결과를 기록할 때에는 측정한 수값뒤에 단위기호를 반드시 써야 한다.

흔히 사용하는 학생용cm자만을 써서 축구공의 직경을 가장 정확히 잴수 있는 방법을 생각하고 실지 해보아라.

문제

1. 빈 칸에 알맞는 수자를 써넣어라.

825cm=825×□cm=825×□m=□m

$8\,642.3\text{m}=\square\times1\text{m}=\square\times\frac{1}{1\,000}\text{km}=\square\text{km}$

□mm=482×1mm=482×□m=□m

2. 자기의 신발바닥의 길이를 알고 그것으로 자기 교실의 길이가 얼마인가를 계산하여 보아라. 여러번 재서 평균하는 방법으로 정확히 결정하여보아라.

3. 우리 나라 북남의 가장 긴 길이는 1 144.59km이다. 이것은 약 몇리나 되는가? 4km를 10리로 보아라.

4. 구불구불한 곡선의 길이는 어떻게 재야 하겠는가?

제 2 절. 면적과 체적의 측정

면적의 측정

평양의 아름다운 모란봉기슭에는 **김일성**경기장이 있다.

경기장과 같이 물체가 얼마나 넓은가 좁은가 하는것은 면적으로 나타낸다.

면적을 측정한다는것은 물체의 면적이 단위로 정한 면적의 몇배인가를 알아내는것이다.

그림 1-8. 김일성경기장

면적을 측정하자면 면적을 재는 기준인 면적의 단위가 있어야 한다.

면적의 단위로는 $1m^2$(평방메터)를 쓴다. $1m^2$는 한 변의 길이가 1m인 바른4각형의 면적과 같다. 즉

$$1m^2 = 1m \times 1m$$

작은 면적을 재는데는 $1cm^2$(평방센치메터), $1mm^2$(평방미리메터)를 쓴다. 즉

$$1cm^2 = 1cm \times 1cm = 10^{-4} m^2$$

$$1mm^2 = 1mm \times 1mm = 10^{-6} m^2$$

큰 면적을 재는데는 $1km^2$(평방키로메터)를 쓴다. 즉

$$1km^2 = 1km \times 1km = 10^6 m^2$$

그러면 면적은 어떻게 측정하는가.

3각형, 직4각형, 평행4변형 등과 같이 잘 알려진 도형의 면적은 가로와 세로의 길이를 측정하여 공식을 써서 계산할수 있다.

면적의 우리 민족단위

면적의 우리 민족단위 $1평 = 1.82m \times 1.82m \approx 3.3m^2$

$1정보 = 3\,000평 = 9\,917.4m^2$

※ 그밖의 다른 면적단위 $1ha(헥타르) = 10\,000m^2 \approx 1정보$

그러나 복잡한 도형의 면적은 방안지를 써서 계산할수 있다.

례를 들어 나무잎의 면적을 계산한다면 방안지우에 나무잎을 놓고 잎의 테두리를 연필로 긋든가 바늘로 찔러 표시한다.(그림 1-9) 그리고 나무잎을 치우고 테두리안에 들어간 칸의 수를 센다. 테두리의 경계에서는 옹근칸이 되지 않을수도 있으므로 이때에는 짐작으로 몇개를 합쳐서 한개 칸이 되도록 찾아서 센다. 방안지의 한칸의 면적은 알고있으므로 나무잎의 면적을 계산할수 있다.

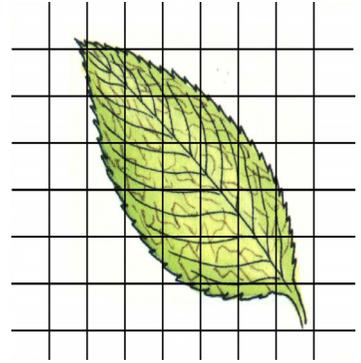



그림 1-9. 방안지로 불규칙적인 도형의 면적을 알수 있다

방안지의 눈금간격이 좁을수록 면적을 더 정확히 구할수 있다.

체적의 측정

바께쯔에 물을 얼마나 담을수 있는가.

<u>체적을 측정한다는것은 물체의 체적이 단위로 정한 체적의 몇배인가를 알아내는것이다.</u>

체적의 단위로는 $1m^3$(립방메터)를 쓴다. $1m^3$는 한 변의 길이가 1m인 바른6면체의 체적과 같다.

$$1m^3=1m\times1m\times1m$$

작은 물체의 체적을 잴 때에는 $1cm^3$(립방센치메터)와 $1mm^3$(립방미리메터)를 단위로 쓴다.

$$1cm^3=1cm\times1cm\times1cm=10^{-6}m^3$$

$$1mm^3=1mm\times1mm\times1mm=10^{-9}m^3$$

물과 같은 액체의 체적을 잴 때에는 1L(리터)와 1mL(미리리터)를 단위로 쓴다.

$$1L=10cm\times10cm\times10cm=1\,000cm^3=10^{-3}m^3$$

$$1mL=1cm^3=10^{-3}L$$

체적의 우리 민족단위

체적의 우리 민족단위 1 석(섬) = $0.180\ 39m^3$

1 말 = 0.1 석 = $0.018\ 039m^3$

1 되 = 0.1 말 = $1.803\ 9\times10^{-3}m^3$

1 홉 = 0.1 되 = $1.803\ 9\times10^{-4}m^3$

※ 그밖의 다른 체적단위 1bbl(바렐)=$158.99\times10^{-3}m^3\approx160L$

그러면 물체의 체적은 어떻게 측정하는가.

직6면체와 같이 모양이 잘 알려진 물체의 체적은 길이, 너비, 높이를 재여 공식을 써서 계산한다.

복잡한 모양을 가진 물체의 체적은 메스실린더로 측정한다.(그림 1-10)

그림 1-10. 여러가지 모양의 메스실린더

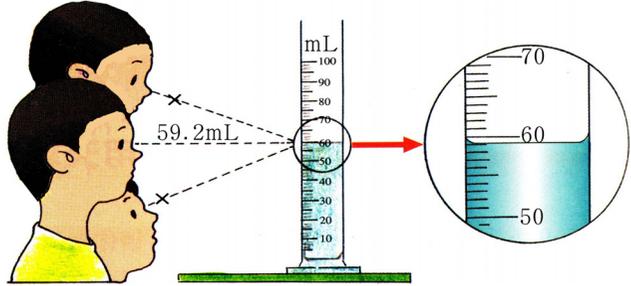



그림 1-11. 눈금을 바로 읽어야 한다

먼저 메스실린더에 물을 절반정도 넣고 물의 체적을 잰다.

물의 체적을 재려면 그것을 메스실린더에 부어넣고 물겉면의 해당한 높이의 눈금값을 읽으면 된다.(그림 1-11)

그다음 물체를 실에 매달아 메스실린더의 물속에 완전히 잠기도록 넣는다.(그림 1-12) 그러면 물면이 더 올라가는데 이 물면의 높이에 해당한 체적눈금을 읽으면 이것이 물과 물체의 체적을 합한것과 같다. 이로부터 그 차를 계산하여 물체의 체적을 알아낸다.

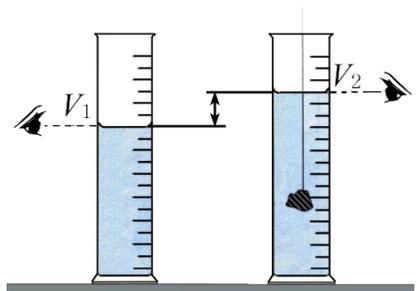



그림 1-12. 메스실린더에 의한 고체의 체적 측정

물체의 체적이 너무 커서 메스실린더에 넣을수 없는 경우에는 넓은 그릇에 물을 가득 채우고 거기에 물체를 넣었을 때 넘어나는 물을 받아 그 체적을 메스실린더로 측정하면 된다.(그림 1-13)

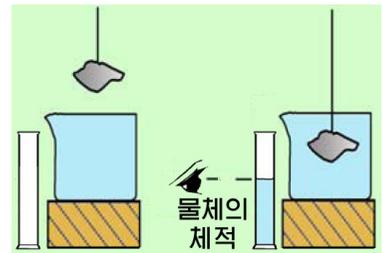



그림 1-13. 체적이 큰 물체의 체적 측정방법

문 제

1. □안에 알맞는 수를 써넣어라.

$31.4\text{L}=\square\times1\text{L}=\square\times1\ 000\text{cm}^3=\square\text{cm}^3$

$4\ 812\text{cm}^3=\square\times1\text{cm}^3=4\ 812\times\square\text{L}=\square\text{L}$

$3.45\text{m}^2=\square\times1\text{m}^2=3.45\times(\square\text{cm})^2=3.45\times\square\text{cm}^2=\square\text{cm}^2$

$4.8\text{mm}^2=4.8\times\square\text{mm}^2=\square\times\left(\frac{1}{1\ 000}\text{m}\right)^2=4.8\times\square\times1\text{m}^2=\square\text{m}^2$

$\square km^2=\square\times 1km^2=0.251\times(\square m)^2=251\ 000\times\square m^2=\square m^2$

$1m^3=\square L$

2. 가로세로 1cm 간격으로 평행직선들을 그은 방안지를 놓고 자기 발바닥을 그린 후 발바닥의 면적을 구해보아라.
3. 나무토막과 같이 물에 뜨는 물체의 체적을 재는 방법을 그림을 그리고 설명하여라.
4. 물이 들어있는 메스실린더를 리용하여 작은 쇠알의 직경을 어떻게 정확히 알수 있는가?
5. 잉크병, 약병과 같이 액체를 담는 그릇의 속체적은 어떻게 재겠는가?

제 3 절. 질량의 측정

질량이란 무엇인가

우리가 사용하는 책상, 칼, 만년필, 숟가락, 자동차와 같이 일정한 모양과 체적을 가지는것들을 **물체**라고 부른다. 그리고 이러한 물체를 이루는 나무, 철, 수지, 고무 등과 같은것들을 **물질**이라고 부른다.

모든 물체는 하나 또는 그 이상의 물질들로 이루어져있다.

흔히 사용하는 쇠망치와 쇠못을 비교하면 철이라는 물질이 어디에 더 많겠는가.

쇠망치는 쇠못보다 철이 더 많이 들어있다.

물체를 이루고있는 물질의 량을 **질량**이라고 부른다.

물질의 량이 얼마나 많고 적은가를 나타내는것이 질량이다.

물체의 질량은 그것이 어디에 있는가, 어떤 운동을 하는가, 그 모양이 어떠한가에 관계없이 일정하다.

질량의 단위

물체들의 질량을 재자면 그것을 재는 기준이 있어야 한다.

그 기준으로서 세계적으로 백금과 이리디움의 합금으로《키로그람원기》를 만들어 국제도량형국에 보존하였다.(그림 1-14)

이 원기의 질량을 1kg(**키로그람**)으로 정하였다.

따라서 질량의 기본단위는 1kg이다. 1kg은 4℃의 물 1L의 질량과 같다.

이외에 작은 물체의 질량을 측정하는데 쓰이는 단위로서 g(그람)과 mg(미리그람)이 있다.

그것들의 크기관계는 다음과 같다.

$$1g=10^{-3}kg$$

$$1mg=10^{-3}g=10^{-6}kg$$

그림 1-14. 표준키로그람원기

큰 물체나 많은 량의 질량을 재기 위하여 1t(톤)과 같은 단위도 쓴다.

$$1t=1\,000kg$$

질량의 측정

질량을 측정한다는것은 물건을 천평으로 달아보고 물질의 량을 알아낸다는것을 말한다.

질량을 측정하는 기구로는 저울이 있으며 그 모양에는 여러가지가 있다.(그림 1-15)

그림 1-15. 여러가지 저울

흔히 리용하는 저울로는 천평을 들수 있다.(그림 1-16)

천평으로 물체의 질량을 잴 때 측정에 앞서 천평대가 수평을 이루도록 이동추나 령점조절나사를 조절한다. 다음 한쪽 접시에 물체를 올려놓고 다른쪽 접시에 분동을 올려놓는다.

분동은 질량이 큰것부터 차례로 올려놓는다. 천평대가 수평을 이룰 때 접시에 놓인 분동들의 질량을 다 합한것이 그 물체의 질량이다.

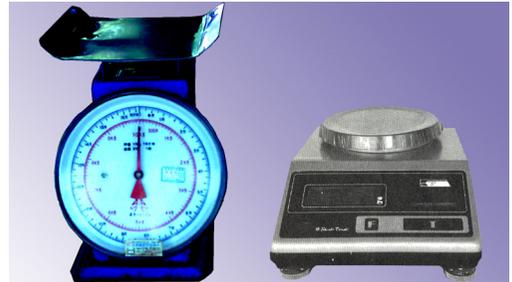
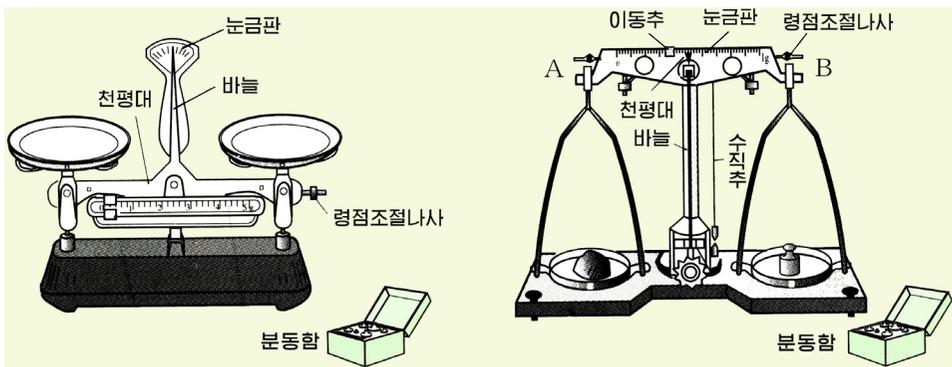



그림 1-16. 천평의 구조

문 제

1. □안에 알맞는 수를 써넣어라.

   ㄱ) 835kg= □g= □t

   ㄴ) 12.6t= □kg

   ㄷ) 176g= □kg= □mg

   ㄹ) 1.82kg+18g= □g

2. 물 1m^{3}의 질량은 1 000kg이다. 물 200kg을 담을수 있는 그릇의 속체적은 얼마인가? 그 그릇에 기름을 가득 채우면 180kg이 들어간다. 이 기름 1m^{3}의 질량은 얼마인가?

3. 다음 글에서 틀린것을 찾아내고 바로 잡아라.

   ㄱ) 물질의 량이 얼마나 많은가 적은가 하는것을 개수나 체적, 질량으로 알수 있다.

   ㄴ) 흙덩이를 손에 쥐고 계속 다지면 체적이 작아지는데 이것을 질량이 작아졌다고 말한다.

제 4 절. 시간의 측정

시각과 시간

우리 둘레에서 일어나는 모든 운동은 시간의 흐름속에서 진행된다.

달리기나 축구경기와 같은 체육경기를 할 때 시간을 정확히 측정해야 경기결과를 옳게 평가할수 있고 레루우를 달리는 기차는 시간을 정확히 지켜야 렬차운행에서 사고를 없애고 안전하게 달릴수 있다.

그러면 시각과 시간은 어떻게 다른가.

《소년단야영소로 가는 뻐스는 아침 8시에 출발한다.》, 《축구경기는 45분동안 진행한다.》라는 말은 어떻게 다른가.

우의 첫 문장은 운동의 시작순간을 나타내며 두번째 문장은 운동의 진행과정 또는 현상의 변화과정을 시간구간으로 나타낸다.

이와 같이 **시각**은 운동의 한 순간을 나타내며 **시간**은 시각과 시각사이의 간격을 나타낸다.

시간에는 반드시 그 시작과 끝을 나타내는 두 시각이 있다.

례를 들어 《물체가 5초동안 운동하였다.》라고 하면 그 시작시각은 《0초》이고 끝나는 시각은 《5초》이다.

시간의 단위

시간을 측정하자면 그 기준으로 되는 단위가 있어야 한다. 즉 측정하려는 시간이 단위시간의 몇배인가를 알아야 한다.

시간의 기본단위는 **초**라고 부르며 그 기호는 s로 표시한다. 1s는 길이가 24.85cm인 흔들이의 주기와 같은 시간이다.

이밖에 시간의 단위에는 1min(**분**), 1h(**시간**), 1d(**일**), 1a(**년**)도 있다.

$$1\text{min}=60\text{s},\quad 1\text{h}=60\text{min}=3\,600\text{s}$$

1s보다 작은 시간의 단위에는 1ms(미리초), 1μs(마이크로초)가 있다.

$$1\text{ms}=10^{-3}\text{s},\quad 1\mu\text{s}=10^{-6}\text{s}$$

지구가 태양둘레를 한바퀴 도는데 걸리는 시간은 1a = 365.24d이고 자기의 축둘레를 한바퀴 도는데 걸리는 시간은 하루 즉 24h이다.

시간의 측정

시간을 어떻게 측정하겠는가.

이것을 흔들이실험으로 알아보자.

긴 실에 추를 매달아 흔들이를 만든다. 이때 긴 실에 매달아놓은 추가 곧추 늘어져 멎어있을 때의 자리를 **평형자리**라고 부른다.

실험

○ 추를 옆으로 움직였다가 놓아보아라.(그림 1-17)
추가 평형자리를 중심으로 왔다갔다 하면서 꼭같은 운동을 되풀이한다.

○ 추가 점 A에서 점 C까지 갔다가 오는데 걸리는 시간이 매번 꼭같겠는가 하는것을 알아본다. 매번 걸리는 시간이 꼭같다.

※ 보다 정확한 시간을 측정하자면 흔들이의 운동을 여러번 반복시키고 그 전체 시간을 회수로 나누면 된다.

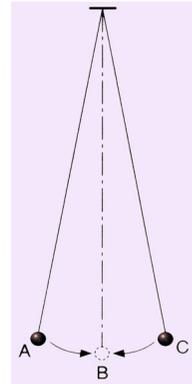



그림 1-17. 추는 꼭같은 운동을 되풀이한다

실험으로부터 무엇을 알수 있는가.

<u>흔들이가 한번 완전히 흔드는데 걸리는 시간은 매번 꼭같고 그 운동은 되풀이된다.</u>

흔들이가 한번 완전히 흔드는데 걸리는 시간을 **주기**라고 부른다.

그러면 흔들이의 주기는 무엇에 관계되겠는가.

○ 흔들이를 좀 더 세게 흔들면서 흔들이주기가 어떻게 달라지는가를 본다. 주기가 달라지지 않는다.

○ 흔들이의 추를 무거운것과 가벼운것으로 바꾸면서 주기가 어떻게 달라지는가를 본다. 주기가 달라지지 않는다.

실험으로부터 흔들이의 주기는 흔드는 너비나 추의 질량에 관계되지 않고 다만 실의 길이에만 관계된다는것을 알수 있다. 이것을 **흔들이의 등시성**이라고 부른다.

흔들이의 등시성을 리용하면 시간을 재는 기구인 시계를 만들수 있다.(그림 1-18)

먼 옛날 우리 선조들은 물이 흘러내리는 량이 시간의 흐름에 비례한다는데 기초하여 물시계를 만들어썼다.

그후 모래시계가 나왔다.

지금 창광원을 비롯한 한증탕들에 설치된 모래시계는 일정한 량의 모래가 다 흘러내리는 시간을 기준으로 하여 시간을 잰다.

그림 1-18. 흔들이벽시계

이처럼 시간은 주기적으로 되풀이되는 물리적현상을 리용하여 측정한다.

흔들이의 등시성발견이야기

흔들이의 등시성은 이딸리아의 물리학자이며 천문학자인 갈릴레이에 의하여 발견되였다. 어려서부터 수학과 공작, 음악과 글짓기, 그림그리기를 좋아하던 그는 18살 때 피사의 사원에서 심부름군소년이 천정에 매달려있는 무리등의 초대에 불을 붙이고 놓을 때 그 무리등이 흔들리는것을 보게 되였다. 보통 사람들은 생각지도 않는 무리등의 흔들림, 그것은 흔히 있는 일이고 누구도 관심을 돌리지 않는 현상이였다.

하지만 갈릴레이는 무리등이 한번 흔들리는 시간이 흔들이가 흔드는 너비와 그 어떤 관계에 있지 않겠는가 하는 의문을 가지게 되였다. 그리고 자기 손목의 맥박수로 흔들이의 주기를 측정해보니 흔들이가 점차 멎으면서 흔드는 너비가 작아져도 매번 같다는것을 발견하였다.

그후 그는 길이가 각이하고 질량이 서로 다른 여러개의 추를 가지고 실험을 거듭하여 흔들이의 주기는 오직 흔들이의 길이에만 관계된다는 흔들이의 등시성을 발견하였다.

1. □안에 알맞는 수를 써넣어라.

   ㄱ) 1d=□min=□s

   ㄴ) 2h 36min 17s=□s=□min=□h

2. 손목시계로 1min동안에 뛰는 자기 맥박수를 측정하여보아라. 맥박이 한번 뛰는데 걸린 시간은 얼마인가?

3. 세계마라손녀왕 정성옥선수는 42.195km구간을 달리는데 2h 26min 59s 걸렸다. 몇s 동안 달렸으며 매1s당 몇m씩 달렸는가?

길이가 24.85cm인 흔들이를 만들고 그것의 주기가 얼마인가를 결정하여라. 그것으로 1min동안에 자기 맥박이 몇번 뛰는가를 알아보아라.

자료

시계의 발전

인류력사상 최초의 시계는 해시계였는데 7세기 이전부터 사용하였으며 그것이 점차 발전하여 물시계로 되였다.

우리 나라에서는 1430년경부터 당시로서는 가장 발전된 시계(자격루)를 만들어썼다.

그후 물대신 수은 또는 모래를 흘러내리게 한 수은시계, 모래시계가 나왔다.

시계기술이 발전하면서 흔들이시계를 거쳐 18세기 중엽에 태엽으로 움직이는 정밀시계가 나오게 되였다. 전자 및 전기기술이 발전하면서 1929년에는 전기-기계식시계가 창안되고 1970년대말에 전자시계가 대량적으로 생산보급되게 되였다.

그림 1-19. 여러가지 종류의 시계들

제 5 절. 온도의 측정

무더운 여름철 수도꼭지에서 방금 받은 물에 손을 잠그어보자. 시원한감을 느낀다.

랭동기에서 꺼낸 찬물에 손을 잠그어보자. 손이 시릴 정도로 차다.

방금 가열한 물에 손을 잠그어보자. 뜨거운감을 느낀다. 이와 같이 우리 생활에서 차고더운 느낌을 자주 받게 된다.

이처럼 차고더운 정도를 나타내는것을 **온도**라고 부른다.

온도측정의 원리

우리는 흔히 물체에 손을 대보고 찬가, 더운가를 안다. 그것은 우리 피부가 차고더운감을 느끼기때문이다.

사람의 감각으로 온도를 정확히 알수 있겠는가.

꼭같은 온도지만 이에 대한 느낌은 완전히 다르다.(그림 1-20)

그림 1-20. 사람이 느끼는 온도감각은 다르다

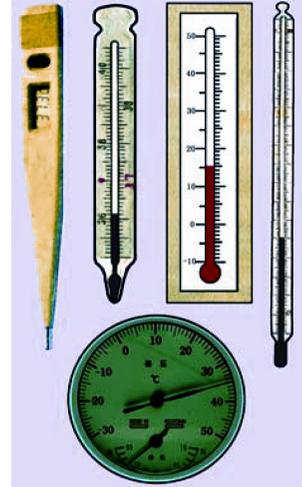
이처럼 사람의 감각으로는 온도를 정확히 표현하기 힘들다.

물체들가운데서 어느것이 얼마나 차고 더운가를 알자면 온도를 정확히 잴수 있는 온도계가 있어야 한다.

온도계에는 여러가지가 있는데 작용원리에서 공통적인것은 물질의 어떤 성질(길이, 체적)이 온도에 따라 련속적으로 고르롭게 변하는 현상을 리용하여 만든것이다.(그림 1-21)

유리구에 들어있는 수은이나 알콜은 열을 받으면 체적이 불어나면서 가는 관을 따라 올라간다. 이때 올라간 높이에 해당한 눈금값을 읽어 온도를 측정한다.

보이라화실의 온도, 태양의 온도와 같이 매우 높은 온도는 직접적인 방법으로 잴수 없으므로 간접적인 방법을 리용하여 재기도 한다.

그림 1-21. 여러가지 온도계

온도의 단위

보통 온도의 단위기호는 ℃를 쓴다.

1℃는 물이 어는 온도를 0℃, 물이 끓는 온도를 100℃로 정하고 이 두 온도눈금사이를 100등분하였을 때 한 눈금을 나타낸다. 이 온도눈금을 **셀씨우스온도눈금**이라고 부른다.

셀씨우스온도는 온도를 가리키는 수자뒤에 [℃]를 쓰고 《도》라고 읽는다.

물이 어는 온도보다 더 낮은 온도는 부(-)의 부호로 표시한다.

례하면 보통 가정용랭동기의 극동칸의 온도는 -10℃정도인데 이것을 《미누스 십도》 또는 《령하 십도》라고 읽는다.

-32℃는 -10℃보다 22℃나 더 낮은 온도이다.

자료 **체 온 계**

체온계는 사람의 몸온도를 재는 온도계로서 병원들과 가정들에서 많이 리용한다.(그림 1-22)

사람의 체온의 변화범위에 따라 체온계의 온도눈금의 범위는 35℃로부터 42℃까지이며 한 눈금간격은 0.1℃이다. 체온계에서 수은이 들어있는 유리구와 눈금을 새긴 유리관사이에 매우 가는 목이 있는데 체온을 잴 때 수은이 열을 받아 여기를 지나 올라가지만 체온계를 몸에서 떼여 온도를 볼 때에는 그사이에 식어 수은이 수축하면서 내려오지 못하고 여기에서 끊어진다.

그림 1-22. 체 온 계

그리하여 체온계를 몸에서 떼여도 여전히 본래의 온도를 가리킨다.

올라간 수은이 수은구로 내려오게 하려면 체온계의 눈금쪽을 쥐고 내리털어야 한다.

온도계로 온도를 재는 방법

일반적으로 학교와 가정들에서는 수은온도계와 알콜온도계를 널리 리용한다.

이러한 온도계로 바깥공기의 온도를 잴 때에는 해빛이 직접 비치지 않는 백엽상속에 넣고 측정해야 한다.

물의 온도를 잴 때에는 그림 1-23과 같이 온도계의 밑부분이 정확히 물의 가운데부분에 놓이도록 하고 온도계눈금의 오르내리기가 멈추어설 때 시선이 온도계에 수직이 되는 위치에서 눈금을 바로 보고 읽어야 한다.

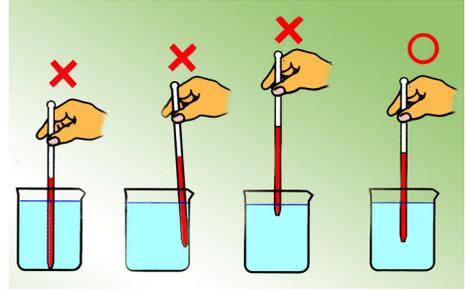



그림 1-23. 온도계 사용방법

문 제

1. 그림 1-24와 같이 만일 한손을 찬물에, 다른 한손을 더운물에 잠그었다가 두손을 동시에 방안에 오래 놓아두었던 다른 물속에 옮겨보아라. 무엇을 알수 있는가?

그림 1-24

2. 물로 온도계를 만든다면 어떤 현상이 일어나겠는가?
3. 알콜온도계에서 온도가 1℃ 올라갈 때마다 알콜이 1.6mm씩 올라간다. 만일 50℃까지 온도가 올라갈 때 알콜이 몇mm나 올라가겠는가?

제 6 절. 밀도의 측정

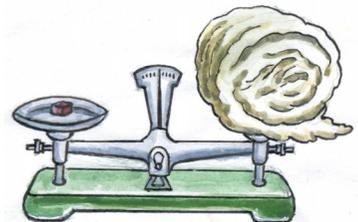
밀도란 무엇인가

흔히 철은 솜보다 무겁고 동은 나무보다 무겁다고 말한다. 이 말이 옳은가.

그림 1-25와 같이 철덩어리와 솜뭉치를 천평의 량쪽에 놓으니 천평이 평형을 이루었다.

그림 1-25. 철과 솜의 질량비교

이것은 철덩어리와 솜뭉치의 질량이 같다는것을 의미한다. 그러나 철덩어리와 솜뭉치의 체적은 서로 다르다.

이로부터 어느 물질이 더 무거운가 가벼운가를 비교할 때에는 질량과 함께 체적을 고려해야 한다는것을 알수 있다.

같은 체적의 물질들을 비교하여 어느 물질이 더 무거운가를 알아보자.

○ 체적이 같은 동과 알루미니움의 질량을 각각 달아본다. 동의 질량이 알루미니움의 질량보다 더 크다.(그림 1-26)

○ 동과 알루미니움의 체적을 메스실린더를 리용하여 각각 재여본다.

○ 같은 체적의 질량을 표시하기 위하여 동과 알루미니움의 질량을 그의 체적으로 각각 나누어본다.

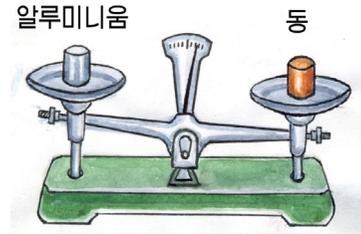



그림 1-26. 동과 알루미니움의 밀도 비교

이 실험으로부터 단위체적일 때 동은 알루미니움보다 더 무겁다는것을 알수 있다. 이로부터 어떤 물질이 더 무거운가 하는것을 알아보기 위해서는 단위체적의 질량을 비교하여보아야 한다.

단위체적속의 물체의 질량을 **밀도**라고 부른다.

밀도는 물체의 질량을 그것의 체적으로 나눈 값과 같다. 즉

$$밀도=\frac{질량}{체적}$$

$$\rho=\frac{m}{V}$$

밀도의 단위

밀도의 단위로는 $1kg/m^3$(**키로그람 매 립방메터**)를 쓴다. $1kg/m^3$는 체적이 $1m^3$인 물질의 질량이 1kg일 때의 밀도이다.

밀도의 단위에는 이밖에도 $1g/cm^3$, 1kg/L가 있다.

$$1g/cm^3 = 1\,000kg/m^3$$

$$1kg/L = 1\,000kg/m^3$$

생활과정에 우리는 모양과 색갈이 비슷한 동이나 금, 철과 알루미니움 그리고 통안에 들어있는 기름이나 알콜을 비롯하여 여러가지 물질을 쉽게 구별해야 할 필요성이 제기된다. 이때 그 물질이 어떤 물질인가를 밀도에 의하여 인차 알아낼수 있다.
체적과 밀도를 알면 공식 $\rho=m/V$으로부터 질량 $m=\rho V$를 계산할수 있다.

또한 밀도와 질량을 알고 체적 $V=m/\rho$을 쉽게 계산할수 있다.

한 물질로 구성된 물체에서 질량은 체적에 비례한다. 례를 들어 물 $1cm^3$의 질량은 1g이고 $2cm^3$의 질량은 2g이며 $3cm^3$의 질량은 3g이다.

몇가지 물질의 밀도

물 질	밀도[kg/m^3]	물 질	밀도[kg/m^3]	물 질	밀도[kg/m^3]
공 기	1.29	석 유	800	동	8 900
산 소	1.43	알 콜	800	철	7 900
수 은	13 600	휘발유	710	알루미니움	2 700
바다물	1 030	금	19 300	얼 음	900
순수한 물	1 000	연	11 300	화강암	2 600~2 800
		은	10 500	나무(소나무)	500

문 제

1. 밀도에 대한 다음의 문장중에서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝혀라.
   ㄱ) 물질의 밀도는 질량에 비례한다.
   ㄴ) 물질의 밀도는 체적에 거꿀비례한다.
   ㄷ) 물질의 밀도는 질량과 체적의 비와 같다.
   ㄹ) 같은 종류의 물질의 밀도는 언제나 같으므로 철토막의 밀도와 속이 빈 철로 만든 구전체의 밀도는 꼭같다.
2. 꼭같이 생긴 3개의 고뿌에 물, 석유, 소금물이 들어있다. 액체들의 질량이 꼭같을 때 액면이 제일 높은것은 어느것이고 제일 낮은것은 어느것인가?
3. 옛날에 어느 한 나라의 왕이 금은세공사에게 금을 주면서 왕관을 만들라고 하였다. 만들어온 왕관의 질량은 2.03kg이였다. 이것을 순금으로 만든것인가를 알기 위하여 금덩어리 2.03kg의 체적과 왕관의 체적을 비교했더니 왕관의 체적이 더 컸다. 금덩어리의 체적을 구하여라. 왕관이 순금으로 되였는가?

저울을 리용하여 잉크병의 속체적을 결정하여라. 저울만을 리용하여 잉크병의 체적을 결정하는 원리와 방법을 찾고 실지로 해보아라.

제 7 절. 물리적량의 기본단위와 유도단위

물리적량의 단위

물체가 얼마나 빠르고 느린가 하는것은 길이, 시간과 같은 량에 의하여 결정하며 얼마나 무겁고 가벼운가 하는것은 질량이나 밀도와 같은 량으로 결정한다.

길이, 질량, 시간, 온도 등과 같이 그 크기를 측정할수 있는 량을 **물리적량**이라고 부른다.

물리에서는 단위길이, 단위체적, 단위시간과 같은 말을 자주 쓰는데 여기서《단위》란 말은 무엇을 의미하는가.

물리에서는 어떤 량을 재는데 기준으로 정해놓은 량을 그 물리적량의 **단위량** 혹은 **단위**라고 부른다.

실례로 1m는 길이를 재는데 기준으로 정해놓은 량인 길이의 단위이고 1s는 시간을 재는데 기준으로 정해놓은 량인 시간의 단위이다.

보통 《단위》란 《하나》라는 뜻을 가진 말이다. 연필을 셀 때에는 한자루, 사과를 셀 때에는 한알이 기준단위로 된다.

그러나 물리에서 말하는 단위는 단순히 수 《1》만을 나타내지 않는다.

례를 들면 단위길이란 길이라는 물리적량의 단위로 정해진 1m만 한 길이 한개 즉 $1m\times1=1m$를 말한다. 또한 1cm나 1mm도 단위길이로 된다.

마찬가지로 단위시간이라고 하는것은 시간이라는 물리적량의 단위로 정한 1s나 1min, 1h을 말한다.

단위량이라는것은 왜 쓰는가.

물리적량은 단위를 정할 때만이 그 크기를 평가할수 있다. 즉 어떤 물리적량이 얼마라고 하는것은 그 량이 단위량의 몇배라는것을 의미한다.

실례로 길이가 5m라고 하는것은 그 길이가 단위길이인 1m의 5배($5m=5\times1m$)라는 뜻이며 질량이 7kg이라는것은 질량의 단위인 1kg의 7배($7kg=7\times1kg$)라는것을 의미한다.

이렇게 물리에서는 량을 재고 크기를 나타내기 위해서 단위를 정하며 단위를 기준으로 하여 잰 량의 크기를 다음과 같이 나타낸다.

$$물리적량 = 측정값(배수)\times단위$$

물리적량의 크기를 나타낼 때 값만 쓰고 단위를 그뒤에 표시하지 않는다든가 값이 없이 단위기호만 쓰면 그 물리적량의 크기가 얼마인지 정확히 알수 없다.

기본단위와 유도단위

모든 종류의 물리적량들에 대하여 단위들을 모두 따로따로 정해야 하는가.

모든 물리적량들의 단위를 제멋대로 정하면 자연을 연구하는데 도움이 되는것이 아니라 방해가 되며 불편하다.

이로부터 물리에서는 길이, 시간, 질량과 같은 기본적인 물리적량들의 단위를 정하였는데 이런 단위(1m, 1kg, 1s 등)들을 **기본단위**라고 부른다.

그리고 면적, 체적, 밀도와 같은 물리적량의 단위는 공식을 리용하여 기본단위로부터 이끌어내는데 이런 단위($1m^2$, $1m^3$, kg/m^3 등)들을 **유도단위**라고 부른다.

문제

1. 아래에서 기본단위와 유도단위를 골라내여라.

   $1m^2$, 1nm, $1m^3$, $1\mu m$, 1g/L, 1s, 1cm, 1h, 1t, $1kg/m^3$

2. 다음 빈칸에 알맞는 말을 적어넣어라.

   ㄱ) 물리적량을 재기 위하여 ( )을 단위라고 부른다.

   ㄴ) 단위에는 ( )와 ( )가 있다. 유도단위는 ( )을 리용하여 ( )로부터 이끌어내게 된다.

복습문제

1. 한 자동차가 2.84km의 거리를 달리다가 발동을 끈 후 128m를 더 가서 멎었다. 자동차가 달린 전체 거리는 몇km인가? m로는 얼마인가?

   (**답**. 2.968km, 2 968m)

2. 자로 칠판의 높이를 재였다. 다섯번 측정하여 얻은 값이 각각 121.3cm, 120.8cm, 121.1cm, 120.9cm, 121.4cm이다. 잰 값의 평균은 얼마인가?

   (**답**. 121.1cm)

3. 아래에 단위를 쓴것중에서 정확한것은 어느것인가?

   ㄱ) $7.5m = 7.5m \times 100cm = 750cm$

   ㄴ) $50cm^2 = 50 \times 1cm^2 = 50 \times 10^{-2} m^2 = 0.5m^2$

   ㄷ) $3.6m = 3.6m \times 100 = 360cm$

   ㄹ) $25mm = 25 \div 10^3 \mu m = 25 \times 10^{-3} \mu m$

4. 너비가 41cm, 길이가 2.05m인 판자가 있다. 이 판자의 테두리의 길이는 몇m, 몇cm인가? 만일 판자의 두께가 2.4mm라면 이 판자의 체적은 몇cm^3인가?

   (**답**. 4.92m, 492cm, 2 017.2cm^3)

5. 25L의 물을 담을수 있는 직6면체모양의 초롱이 있다. 이 초롱의 밑면은 한 변의 길이가 25cm인 바른4각형이다. 높이는 얼마인가? (**답**. 0.4m)

6. 밑면이 넓은 메스실린더와 밑면이 좁은 메스실린더가 있다. 어느것을 써야 체적을 더 정확히 잴수 있는가?
7. 3각형을 하나 그려놓고 그 면적을 방안지를 리용하여 계산하여라. 이 값을 밑면과 높이를 측정하여 기하학적공식을 써서 계산한 값과 비교하여보아라.
8. 옛날 어느 한 나라에서 코끼리의 질량을 재려고 애를 쓴적이 있었다. 어느 한 아이가 그 방법을 내놓았다는데 어떻게 하였겠는가?(그림 1-27)

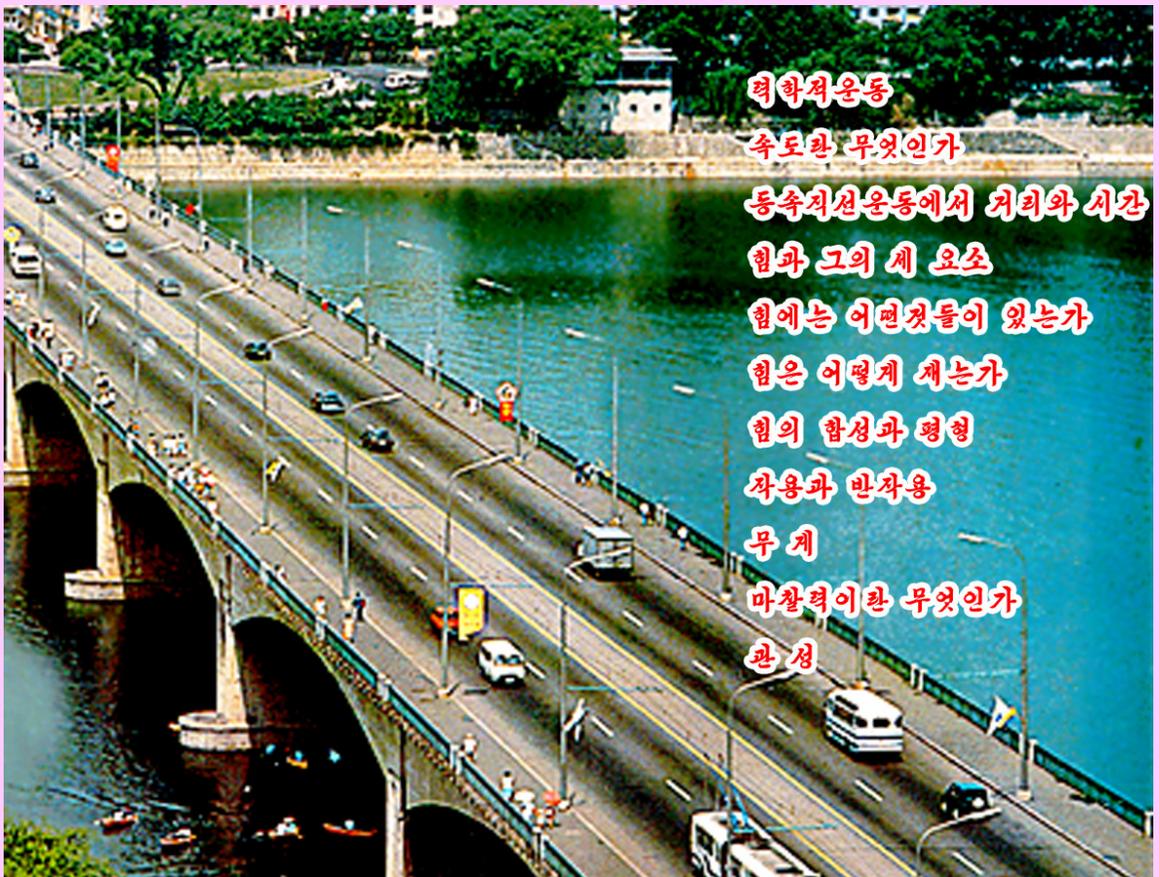
그림 1-27

9. 물 1kg에는 소금이 360g까지 녹으며 그 이상 더 넣으면 녹지 않고 가라앉는다. 물 10g에 소금 4g을 넣고 녹이면 소금물은 몇g이 되고 가라앉는 소금은 몇mg이 되겠는가? (답. 13.6g, 400mg)
10. 15s동안 맥박을 재였더니 18번이였다. 맥박이 한번 뛰는 시간은 얼마이며 1min당 맥박수는 얼마인가? (답. 약 0.833s, 72회)
11. 800m달리기를 하는데 2min 48s 걸렸다. 매 1s마다 몇m씩 달린것으로 되는가? 100m 달리는데는 평균 몇s씩 걸리는가? (답. 약 4.762m, 21s)
12. 얼고있는 물에 온도계를 꽂았다가 끓고있는 물에 옮겨 꽂았더니 수은이 가는 관을 따라 16cm 올라갔다. 온도가 1℃씩 높아지는데 수은은 몇mm씩 높아지겠는가? 수은이 24mm 올라갔다면 이것은 온도가 몇℃ 높아진것으로 되는가?
(답. 1.6mm, 15℃)
13. 4℃의 물 1L의 질량은 1kg이다. 단위체적($1m^3$, $1cm^3$)의 물의 질량은 얼마인가?
(답. 1t, 1g)
14. 2개의 금속토막 A, B가 있다. A의 체적은 B보다 크고 질량도 B보다 크다. 아래의 판단중에서 정확한것은 ◯표시를 하여라.
ㄱ) A의 밀도는 B보다 크다.
ㄴ) A의 밀도는 B보다 작다.
ㄷ) A의 밀도와 B의 밀도는 같다.
ㄹ) 알수 없다.
15. 수백m 길이를 가진 동선이 감겨져있는 퉁구리가 있다. 천평과 자를 리용하여 동선의 길이를 계산하는 방법과 순서를 밝혀라.
16. 빈 병에 물이 가득 차있을 때 그 질량은 64g이였다. 물을 쏟아버리고 알콜을 채워넣었을 때 그 질량이 56g이다. 빈 병의 질량은 얼마인가? 알콜의 밀도는 $0.8\times10^3kg/m^3$이다. (답. 24g)
17. 체적이 $20cm^3$인 동으로 만든 구가 있는데 그 질량은 89g이다. 이 구가 속이 비였는가 속이 찼는가를 알아내는 방법을 3가지로 들어보아라.

제2장. 운동과 힘

우리 둘레에서 일어나는 여러가지 운동들은 힘과 밀접히 련관되여있다.

그러므로 물리를 배우자면 운동과 함께 힘에 대하여 잘 알아야 한다.

이 장에서는 여러가지 운동들과 힘이란 무엇이고 자연에는 어떤 힘들이 있는가, 물체들사이에 힘은 어떻게 작용하는가 하는것들을 배우게 된다.

제 1 절. 력학적운동

력학적운동이란 무엇인가

그림 2-1. 여러가지 물체의 운동

우리 둘레에서 물체들이 운동하는 실례들을 많이 들수 있다.

철길우로 달리는 전기기관차의 운동, 도로를 달리는 승용차의 운동, 바다를 항행하는 배의 운동, 하늘을 날으는 비행기의 운동 등은 다 물체의 운동들의 실례로 된다.(그림 2-1)

이러한 물체들의 운동에서 공통적인것은 무엇인가.

그것은 물체들이 시간에 따라 끊임없이 자리를 옮긴다는것이다.

이처럼 시간에 따라 물체의 자리가 변하는것을 **력학적운동** 간단히 **운동**이라고 부른다.

어떤 물체가 력학적운동을 하는가 하지 않는가를 판단할 때에는 기준물체가 있어야 한다. 흔히 멎어있는 물체를 기준물체로 정한다. 례를 들어 도로를 달리는 자동차는 도로옆에 서있는 나무를 기준물체로 정하였을 때 그것을 기준으로 하여 자리가 시간에 따라 변하였으므로 운동한다고 말한다.

자 리 길

물체가 운동하면서 지나간 자리들을 련결하면 하나의 선이 이루어진다. 물체가 운동하면서 지나간 자리들로 이루어지는 선을 **자리길**이라고 부른다.

물체의 운동자리길은 여러가지 모양을 가지는데 보통 직선자리길과 곡선자리길로 나누어본다.

직선자리길을 따라 일어나는 물체의 운동을 **직선운동**(그림 2-2), 곡선자리길을 따라 일어나는 물체의 운동을 **곡선운동**(그림 2-3)이라고 부른다.

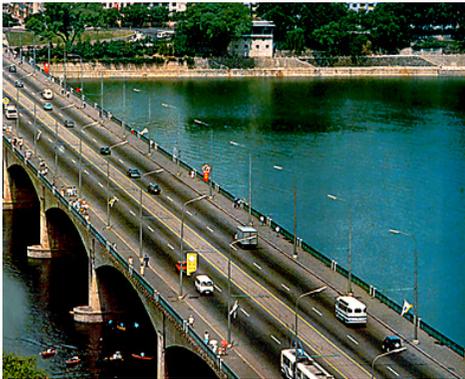



그림 2-2. 직선운동

그림 2-3. 곡선운동

곧은 도로를 따라 달리는 자동차, 곧은 철길을 따라 달리는 기차, 바람이 불지 않을 때 어떤 높이에서 떨어지는 락하산의 운동은 직선운동에 속한다.

굽인돌이를 도는 자동차와 렬차의 운동, 굴러가는 바퀴에서 어느 한 점의 운동, 유희장에서 제트코스타(관성렬차)의 운동 등은 곡선운동의 대표적인 실례들이다.

※ 원운동도 곡선운동으로 본다.

등속운동과 부등속운동

물체들의 운동은 시간에 따라 그 자리가 꼭같이 고르롭게 변하는가(그림 2-4) 변하지 않는가(그림 2-5)에 따라서도 갈라볼수 있다.

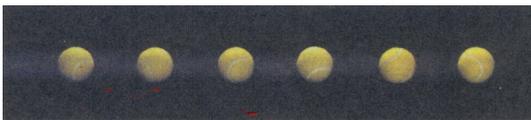



그림 2-4. 옮겨간 거리는 시간에 따라 일정하다

그림 2-5. 옮겨간 거리는 시간에 따라 일정하지 않다

우의 두 그림에서 물체가 매 1s마다 지나간 거리들을 비교하여보면 무엇을 알수 있는가. 그림 2-4와 같이 물체가 꼭같은 시간동안에 같은 거리만큼씩 옮겨가는 운동을 **등속운동**이라고 부르며 그림 2-5와 같이 물체가 꼭같은 시간동안에 같은 거리만큼씩 옮겨가지 않는 운동을 **부등속운동**이라고 부른다.

그림 2-6과 같이 락하산을 펴고 내려오는 락하산선수의 운동은 등속운동의 실례로 되고 그림 2-7과 같이 네거리교차점에서 멎거나 떠나는 승용차나 뻐스의 운동은 부등속운동의 실례로 된다.

그림 2-6. 락하산을 펴고 내려온다

그림 2-7. 네거리교차점에서의 차들의 운동

그리고 여러가지 물체의 운동들가운데서 직선자리길을 따라 등속으로 운동하는 물체의 운동을 **등속직선운동**, 직선자리길을 따라 부등속으로 운동하는 물체의 운동을 **부등속직선운동**이라고 부른다.

문 제

1. 등속직선운동, 부등속직선운동, 곡선운동하는 물체들을 각각 3가지이상씩 실례를 들어보아라.
2. 다음 표를 보고 알맞는 칸에 ○표시를 하여라.

물체의 운동	직선운동	곡선운동	등속운동	부등속운동
시계바늘끝의 운동				
정거장에 들어서는 기차의 운동				
우로 던진 돌의 운동				
기중기로 들어올리는 짐의 운동				
떠나기 시작하는 자동차의 운동				

3. 지구를 기준물체로 정하였을 때 운동하는 물체, 멎어있는 물체, 등속운동하는 물체, 부등속운동하는 물체의 실례를 각각 2가지씩 들어라.

제 2 절. 속도란 무엇인가

속도와 그의 크기

누가 더 빠른가를 겨루는 달리기경기를 보자.(그림 2-8)

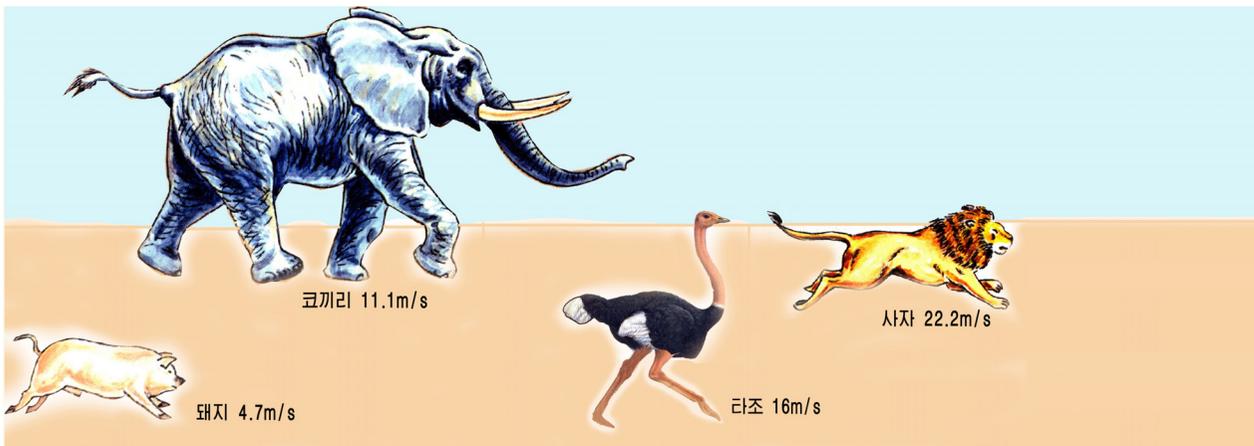
갈이 달리는 선수들가운데서 누가 더 빠른가 하는것은 눈으로 보고도 쉽게 알수 있으나 누가 얼마나 더 빠른가는 알수 없다. 더우기 서로 다른 시간, 서로 다른 장소에서 달리는 선수들은 눈으로 보아서는 누가 더 빠른지 알기 힘들다.

그림 2-8. 누가 더 빠른가

운동하는 물체가 얼마나 빠른가를 무엇으로 나타낼수 있는가.(그림 2-9)

한 학생은 100m달리기를 하는데 16s가 걸렸고 다른 학생은 자전거를 타고 140m를 달리는데 28s 걸렸다. 누가 더 빠른가.

두 학생이 달린 거리나 시간을 따로따로 비교해서는 누가 얼마나 더 빠른지 알수 없다.

매 학생이 달린 거리를 시간으로 나누어보자.

달리기를 하는 학생: $\frac{100\text{m}}{16\text{s}}=6.25\text{m/s}$

자전거를 타는 학생: $\frac{140\text{m}}{28\text{s}}=5\text{m/s}$

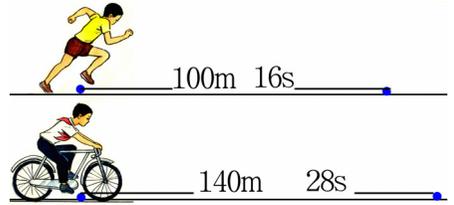



그림 2-9. 속도의 비교

이 계산결과에 의하면 달리기를 하는 학생은 매 1s마다 6.25m씩 달렸고 자전거를 타는 학생은 같은 1s마다 5m씩 달렸다. 이것을 비교해보면 달리기를 하는 학생이 자전거를 타는 학생보다 더 빠르다는것을 알수 있다.

물체들의 운동에서 빠른 정도를 나타내기 위하여 속도라는 물리적량을 쓴다.

단위시간동안에 옮겨간 거리를 **속도**라고 부른다.

등속운동하는 물체가 t시간동안에 거리 S만큼 옮겨갔다면 속도의 크기는 다음과 같다.

$$속도=\frac{거리}{시간}$$

$$v=\frac{S}{t}$$

속도는 물체가 단위시간동안에 얼마만한 거리를 옮겨갔는가를 나타내는 량이다.

속도의 단위

속도의 단위는 1m/s(메터 매 초)이다. 1m/s는 1s동안에 1m의 거리를 옮겨갔을 때의 속도이다.

속도에서는 1km/h라는 단위도 쓴다. 1km/h는 1h동안에 1km를 옮겨갔을 때의 속도이다. 이것은 **시속**을 나타내는 속도의 단위이다.

자동차나 기차의 운전대앞에 있는 속도계의 눈금값은 시속을 나타낸다.(그림 2-10)

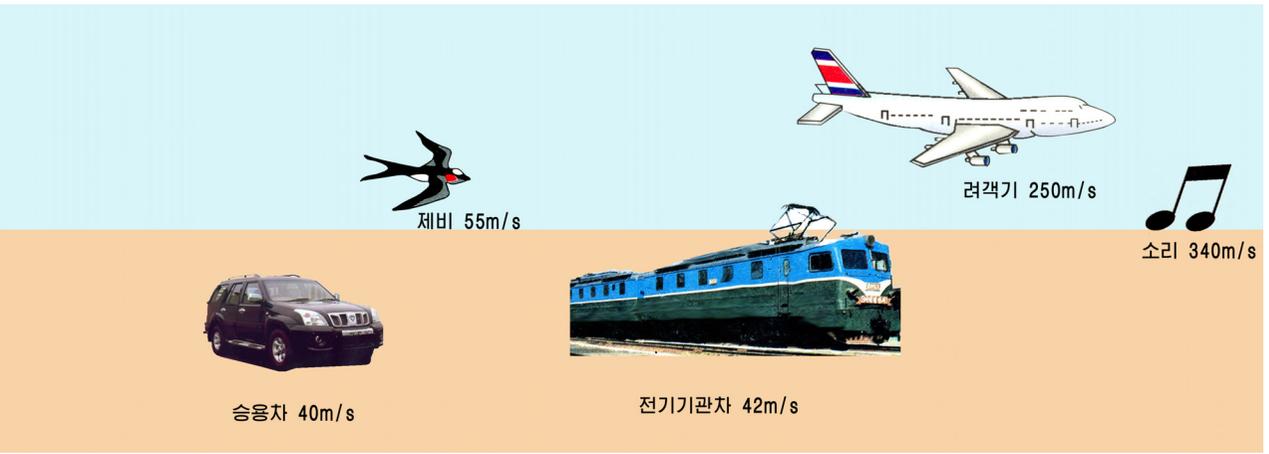



그림 2-10. 속도계

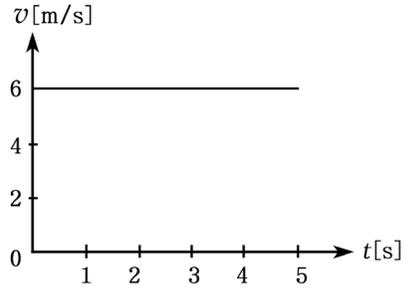



그림 2-11. 속도 (v-t)그라프

등속직선운동의 속도그라프

물체가 가지는 속도의 크기는 속도그라프로 표시할수 있다.(그림 2-11)

등속직선운동의 속도그라프는 가로축을 시간으로, 세로축을 속도로 하였을 때 시간축에 평행인 직선이다.

이 v-t 그라프에서 시간 t축에 평행인 직선이 v축과 사귀는 눈금값이 속도의 크기를 나타낸다.

[례제] 1km/h는 1m/s보다 큰가 작은가?

풀이. 1km/h를 1m/s단위로 고치면

$$1\text{km/h} = \frac{1\ 000\text{m}}{3\ 600\text{s}} \approx 0.277\text{m/s} < 1\text{m/s}$$

즉 1km/h는 1m/s보다 작다.

문 제

1. 등속직선운동에서 속도에 대한 다음의 판단중에서 정확한것은 어느것인가?
   ㄱ) 등속직선운동은 속도가 변하지 않는 직선운동이다.
   ㄴ) 등속직선운동에서 속도는 시간에 거꿀비례한다.
   ㄷ) 등속직선운동에서 속도는 지나간 거리 S에 비례한다.
   ㄹ) 등속직선운동에서 속도의 크기는 거리와 시간의 비로 결정된다.
2. 10s동안에 200m를 등속으로 달리는 자동차와 15s동안에 300m를 등속으로 달리는 디젤기관차의 속도는 어느것이 더 빠른가?
3. 학교에서 집까지 갈 때 자기의 걸음속도를 직접 측정하여보아라.

제 3 절. 등속직선운동에서 거리와 시간

등속직선운동하는 물체가 지나간 거리와 시간

등속직선운동하는 물체의 속도의 크기는 언제나 꼭같다.

그러면 등속직선운동에서 물체가 지나간 거리와 시간사이에는 어떤 관계가 있겠는가.

례를 들어 자전거를 탄 사람이 5m/s의 속도로 7s동안 등속직선운동을 하였다고 하자. 이때 속도의 크기 5m/s는 일정하므로 지나간 거리는 매 1s동안에 5m이다.

7s동안 운동하였으므로 물체가 지나간 거리는 5m/s×7s=35m로 된다.(그림 2-12)

이로부터 다음과 같은 결론을 내릴수 있다.

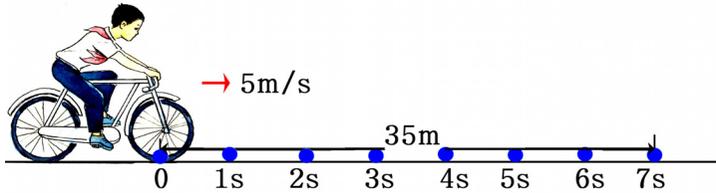



그림 2-12. 물체가 지나간 거리는 시간에 비례한다

등속직선운동하는 물체가 지나간 거리는 시간에 비례한다. 즉

거리=속도×시간

$$S = vt$$

이 식으로부터 물체가 지나간 거리만 알면 그 운동시간은 $t = S/v$ 와 같이 결정할수 있다.

등속직선운동에서 거리그라프

속도의 크기가 5m/s인 물체가 5s사이에 지나간 거리를 1s 간격으로 표를 만들고 거리-시간사이관계를 그라프로 그려보자.

거리	5m	10m	15m	20m	25m
시간	1s	2s	3s	4s	5s

이 표에 주어진 값으로 거리그라프를 그림 2-13과 같이 그릴수 있다.

거리그라프에서 가로축을 시간, 세로축을 거리로 하였을 때 자리표원점을 지나는 직선은 매 시각마다 물체가 그 시각까지 운동한 전체 거리를 나타낸다.

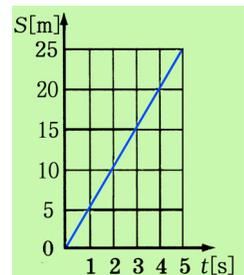



그림 2-13. 거리(S-t)그라프

속도의 크기가 5m/s인 자전거를 타고가는 사람과 1m/s의 속도로 걸어가는 사람이 5s동안 운동하였을 때 거리그라프는 그림 2-14와 같다. 이 그라프에서 보는것처럼 속도가 클수록 자리표원점을 지나는 직선의 경사진 정도는 크다.

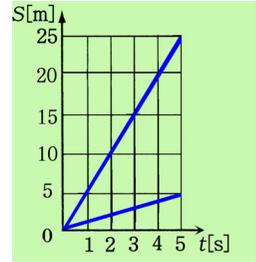



그림 2-14. 속도가 클수록 경사각이 크다

[례제] 자전거를 탄 두 사람이 28km 거리를 다녀오려고 같이 떠났다. 두 사람의 속도는 6m/s, 8m/s이고 머물지 않고 되돌아섰다면 얼마후에 어디서 만났겠는가?

풀이. 주어진것: v_1 =6m/s, v_2 =8m/s

S =28km

구하는것: t?, S_1?

만나는 곳에서는 두 사람이 지나간 거리의 합이 $S_1+S_2=2S$ 이고 $S_1=v_1t$, $S_2=v_2t$ 이므로 $(v_1+v_2)t=2S$ 이다. 그러므로

$$t=\frac{2S}{v_1+v_2}=\frac{2\times 28\times 10^3\,\mathrm{m}}{(6+8)\,\mathrm{m/s}}=4\ 000\mathrm{s}=1\mathrm{h}\ 6\mathrm{min}\ 40\mathrm{s}$$

두 사람의 운동에서 걸린 시간은 꼭같다. 따라서

$$S_1=v_1t=6\mathrm{m/s}\times 4\ 000\mathrm{s}=24\ 000\mathrm{m}=24\mathrm{km}$$

답. 두 사람이 만난 지점은 출발위치로부터 24km 되는 곳
만난 시각은 출발시각으로부터 약 1h 7min후

문 제

1. 다음의 판단중에서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝히여라.
   ㄱ) $v=\frac{S}{t}$ 로부터 v는 S에 비례한다.
   ㄴ) $S=vt$ 로부터 S는 t에 비례한다.
   ㄷ) $S=vt$ 로부터 두 물체가 지나간 거리 S가 같을 때 t가 작을수록 v는 크다.
   ㄹ) $S=vt$ 로부터 두 물체가 운동한 시간이 같을 때 S가 클수록 속도도 크다.
2. 그림 2-14의 그라프에 두 물체가 등속직선운동한 시간과 거리가 표시되여있다.
   ㄱ) 어느 물체의 속도가 더 큰가?
   ㄴ) 10s후에 두 물체가 지나간 거리는 각각 얼마인가?
3. 등속직선운동하는 두 물체가 같은 한 지점에서 같은 방향으로 출발하였는데 첫 물체의 속도는 2m/s이고 두번째 물체의 속도는 6m/s이다. 첫 물체가 15s동안 운동한 후 둘째 물체가 운동하기 시작하였다면 두 물체가 서로 만나는 시간과 출발점으로부터의 거리를 거리그라프로 그리고 구하여라.

제 4 절. 힘과 그의 세 요소

힘이란 무엇인가

우리는 일상생활에서 힘이라는 말을 자주 쓴다.

그러면 물리에서 말하는 힘이란 어떤것인가.

사람이 수레를 밀면 수레는 굴러가고 굴러오던 수레를 사람이 맞받아 밀면 수레가 멎는다. 사람이 걸상을 당기면 걸상은 끌려오고 밀면 걸상은 밀려간다.

이처럼 한 물체가 다른 물체를 밀거나 당기는것을 **힘을 준다**고 말하고 밀리우거나 당기우는 물체는 **힘을 받는다**고 말한다.

물체들이 밀거나 당기는것을 힘이 작용한다고 말한다.

그러면 물체에 힘이 작용하면 어떤 효과가 일어나겠는가.

멎어있던 뽈을 발로 차면 뽈은 날아가고 날아오던 뽈을 발로 차면 뽈은 힘의 방향으로 날아간다.(그림 2-15) 이처럼 힘은 정지하여있던 물체를 운동하게 할수 있고 운동하던 물체의 운동방향을 변화시킬수 있다.

그림 2-15. 힘이 작용하면 물체의 운동상태가 변한다

이것은 힘이 작용하면 힘을 받은 물체의 운동상태가 변화된다는것을 보여준다.

또한 힘은 얇은 철판을 휘게 하고 용수철을 늘구거나 줄어들게도 한다.

이처럼 힘은 물체의 모양을 변화시킬수 있다.(그림 2-16)

이와 같이 힘이 작용하면 물체의 운동상태가 달라지거나 모양이 변한다.

그림 2-16. 힘이 작용하면 물체의 모양이 변한다

힘의 세 요소

물체에 작용한 힘에 대하여 알자면 무엇을 따져보아야 하는가.

○ 용수철에 달아맨 추의 개수를 늘이면서 용수철이 늘어난 정도를 알아본다.(그림 2-17) 힘의 크기에 따라 변형되는 정도가 달라진다.

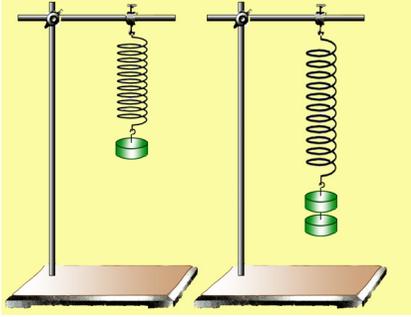



그림 2-17. 힘이 클수록 변형도 크다

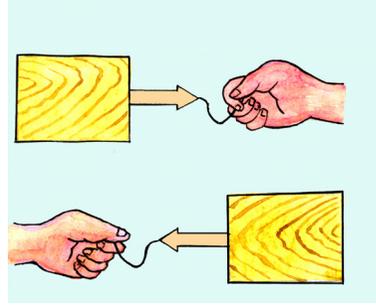



그림 2-18. 힘은 같고 방향이 다르다

○ 같은 크기의 힘이 작용하여도 힘의 방향에 따라서 물체의 이동방향이 달라진다.(그림 2-18) 이것은 힘이 작용한 결과가 힘의 작용방향에도 관계된다는것을 보여준다.

○ 크기와 방향이 같은 힘이 그림 2-19와 같이 문의 가운데부분과 문의 손잡이부분에 작용할 때 문이 열리는 정도가 다르다.

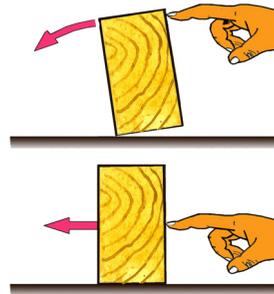



그림 2-19. 힘이 어디에 작용하는가에 따라 결과는 다르다

힘의 크기를 재려면 힘의 단위를 알아야 한다.

힘의 단위로는 1N(**뉴톤**)을 쓴다.

1N의 크기는 102g짜리 물체를 들어올릴 때의 힘의 크기와 같다.

힘이 작용한 점을 **힘의 작용점**이라고 부른다.

이와 같이 힘을 알자면 힘의 크기, 힘의 방향, 힘의 작용점을 따져보아야 한다.

자료 몇가지 힘의 크기

- 닭알 2알을 드는 힘 약 1N
- 머리칼 한오리를 끊는 힘 약 1~2N
- 개미가 나무잎을 끄는 힘 10^{-3}N
- 뜨락또르가 짐을 끄는 힘 $3\times10^{4}\sim4\times10^{4}$N
- 미싸일이 발사될 때 내는 힘 6×10^{6}N

힘의 크기, 힘의 방향, 힘의 작용점을 **힘의 세 요소**라고 부른다.(그림 2-20)

힘의 세 요소를 한눈에 알아볼수 있도록 하기 위하여 힘을 화살로 표시한다.

<u>힘의 화살은 힘을 준 점에서 시작하여 힘의 작용방향으로 긋는다.</u> <u>화살의 길이는 힘의 크기에 비례하도록 정한다.</u>

그림 2-20. 밀차를 미는 힘

힘이 작용하는 방향으로 그은 직선을 그 **힘의 작용선**이라고 부른다.

문 제

1. 물체의 운동상태를 변화시키는 원인이 무엇인가를 두가지이상의 실례를 들어 설명하여라.
2. 물체의 크기와 모양을 변화시키는 원인이 무엇인가를 두가지이상의 실례를 들어 설명하여라.
3. 다음 물체가 받는 힘을 힘의 화살로 표시하여라.
   ㄱ) 손으로 용수철을 당길 때 용수철이 받는 힘
   ㄴ) 짐실은 수레를 끌고가는 힘
   ㄷ) 손에 물바께쯔를 들었을 때 물바께쯔가 받는 힘
   ㄹ) 나사틀개로 나사를 돌릴 때 나사틀개를 돌리는 힘
4. 밀차에 100N의 힘을 주어 왼쪽으로 밀고간다. 20N을 1cm로 보고 밀차가 받는 힘을 화살로 표시하여라.
5. 책상우에 둥근 원판이 있다. 이 원판이 회전운동을 하지 않고 직선운동을 하도록 하려면 힘이 어느 방향으로 어느 자리에 작용하여야 하는가? 실험을 해보고 학습장에 화살표로 표시하여라.

제 5 절. 힘에는 어떤것들이 있는가

우리 둘레에는 여러가지 힘들이 있다.

중 력

손에 쥐고있던 물건을 놓으면 아래로 떨어지고 해면우에 물건을 놓으면 해면이

오무라든다. 모든 물체는 받들지 않으면 땅에 떨어진다.(그림 2-21)

그것은 지구가 둘레에 있는 모든 물체들을 끌어당기기때문이다.

지구가 물체를 끌어당기기때문에 물체가 지구로부터 받는 힘을 **중력**이라고 부른다.

그러면 중력의 크기는 무엇에 관계되겠는가.

실험에 의하면 물체에 작용하는 중력의 크기는

질량이 1kg일 때 9.8N

질량이 2kg일 때 19.6N

질량이 3kg일 때 29.4N

이다. 즉 물체에 작용하는 중력의 크기는 그 물체의 질량에 비례하며 그 비례결수를 g로 표시하면 다음과 같다.

$$g = 9.8\text{N/kg}$$

이다. 이로부터 중력의 크기는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\text{중력} = \text{질량} \times 9.8\text{N/kg}$$

$$P = mg$$

그림 2-21. 중력은 모든 물체를 끌어당긴다

그림 2-22. 중력은 어디서나 지구중심으로 향한다

중력은 언제나 지구중심으로 향한다.(그림 2-22)

건설장에서 벽체를 쌓거나 문틀을 세울 때 연추를 늘여본다. 왜 그런가?(그림 2-23)

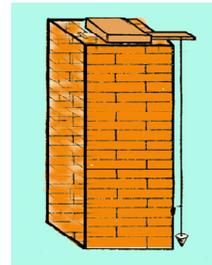



그림 2-23. 연추의 리용

튐 힘

그림 2-24와 같이 용수철을 늘구어 잡고 있던 나무토막을 놓아주면 나무토막은 제자리로 되돌아간다.

그림 2-25와 같이 고무줄을 당기였다놓으면 고무줄은 줄어들면서 본래모양으로 되돌

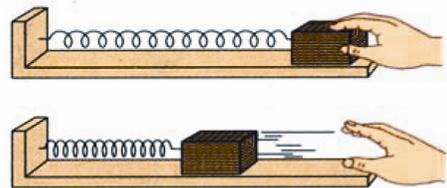



그림 2-24. 늘어난 용수철은 튐힘을 가진다

아간다.

용수철이나 고무줄과 같이 모양이 변화된 물체가 제자리로 돌아가려고 하는 힘을 **튕힘**이라고 부른다.

모든 물체가 모양이 변하면 다 튕힘을 내는것이 아니다. 용수철이나 고무줄과 같이 모양이 변하면 자기의 본래모양으로 되돌아가려는 튕성을 가진 물체만이 튕힘을 낸다.

그림 2-25. 늘어난 고무줄도 튕힘을 가진다

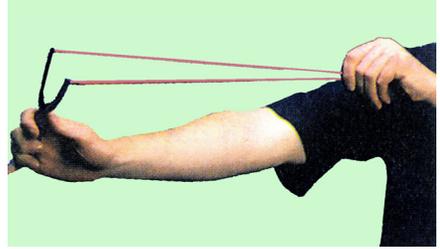
튕힘의 방향은 언제나 본래의 모양으로 되돌아가는 방향이다.

마 찰 력

그림 2-26과 같이 나무토막을 밀어주면 나무토막이 운동하다가 멎는다. 그것은 운동하는 나무토막에 운동을 방해하는 힘이 작용하였기때문이다.

그림 2-26. 두 물체가 서로 맞닿아 운동할 때 마찰력이 생긴다

이와 같이 두 물체가 서로 맞닿아서 운동할 때 두 물체의 접촉면에서 운동을 방해하는 힘을 **마찰력**이라고 부른다.

운동장에서 굴러가던 공의 속도가 점점 떠지다가 나중에는 멎는것은 공이 땅과 쓸리면서 마찰력을 받기때문이다.

우리 둘레에서 운동하는 많은 물체들은 마찰력의 작용을 받는다.

전 기 힘

수지책받치개로 머리카락을 비비다가 떼면 책받치개에 머리카락이 들어붙는 현상이나 그림 2-27과 같이 털에 문지른 비닐자를 작은 종이쪼각들에 가까이 가져가면 종이쪼각들이 자막대기에 끌리운다.

이 힘을 **전기힘**이라고 부른다.

전기힘은 일정한 거리에 떨어져있어도 작용한다.

그림 2-27. 종이쪼각이 자막대기에 끌리운다

자 기 힘

그림 2-28과 같이 자석이 물체를 끌어당기는 힘을 **자기힘**이라고 부른다.

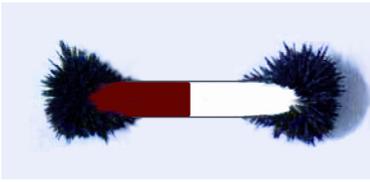



그림 2-28. 자기힘

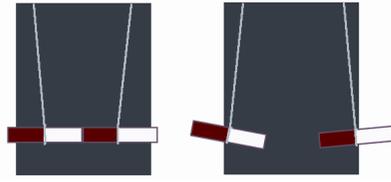



그림 2-29. 자석들의 호상작용

그림 2-29와 같이 자석의 다른 극끼리는 서로 끌어당기고 같은 극끼리는 서로 민다.

자기힘은 전기힘과 마찬가지로 일정한 거리에 떨어져있어도 작용한다.

자연에는 튐힘이나 마찰력처럼 물체들이 서로 맞닿아있을 때 작용하는 힘도 있고 중력, 전기힘, 자기힘처럼 서로 떨어져있을 때 작용하는 힘도 있다.

문 제

1. 다음의 내용을 보면서 힘을 주는 물체와 힘을 받는 물체를 지적하고 알맞는 칸에 ○표시를 하여라.

구 분	힘을 주는 물체	힘을 받는 물체	서로 맞닿아있을 때 나타나는 힘	서로 떨어져있을 때 나타나는 힘	중력	튐힘	전기힘	자기힘	마찰력
고무총이 작은 돌을 날린다.									
비방울이 떨어진다.									
자석에 쇠못이 끌려간다.									
머리카락에 문지른 비닐자가 종이쪼각을 끌어당긴다.									
달리던 기차가 멎는다.									
바람에 의해 나무가지가 휜다.									

2. 다음의 내용가운데서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝혀보아라.

ㄱ) 경사면우에 있는 물체가 받는 중력의 방향은 경사면에 평행이면서 아래로 향한다.

ㄴ) 1kg은 9.8N이다.

ㄷ) 물체의 질량은 그 중력에 비례한다.

3. 다음의 경우에 물체에 작용하는 힘들을 모두 찾아 그림으로 표시하여라.

ㄱ) 용수철을 잡아당겨 늘굴 때

ㄴ) 용수철을 내리눌러 압축할 때

ㄷ) 드림선방향으로 세운 철판에 붙어있는 자석

제 6 절. 힘은 어떻게 재는가

힘의 측정원리

뜨락또르는 소보다 끄는 힘이 세고 기관차는 자동차보다 끄는 힘이 더 세며 어른은 아이보다 힘이 세다.

옛날 사람들은 어떤 물건을 들 때의 느낌으로 힘이 센가 약한가를 평가하였다.

그런데 물건을 들 때의 느낌은 사람마다 다르고 한 사람의 느낌도 조건에 따라 다르다. 그러므로 힘이 얼마나 센가를 알자면 그 크기를 정확히 재여 평가하여야 한다.

그러면 힘의 크기를 어떻게 측정하겠는가.

힘의 크기는 그것이 나타내는 힘작용효과의 크기에 의하여 측정할수 있다.

물체에 힘이 작용하면 그 물체의 모양이 변한다.

물체가 힘을 받아 그 크기와 모양이 변할 때 그 크기와 모양의 변화를 **변형**이라고 부른다.

그림 2-30에서처럼 작용한 힘의 크기가 다르면 물체의 변형의 크기도 다르다.

그러면 힘을 받은 물체의 늘어난 길이와 힘의 크기는 어떤 관계에 있는가를 실험으로 알아보자.

그림 2-30. 힘이 클수록 변형도 크다

실험

○ 그림 2-31과 같이 용수철에 추를 하나 매달고 그 늘어난 길이를 잰다.

○ 여기에 추를 하나씩 더 매달면서 그 늘어난 길이를 잰다.

○ 잰 값들을 표에 적고 그라프를 그리면 그림 2-32 와 같다.

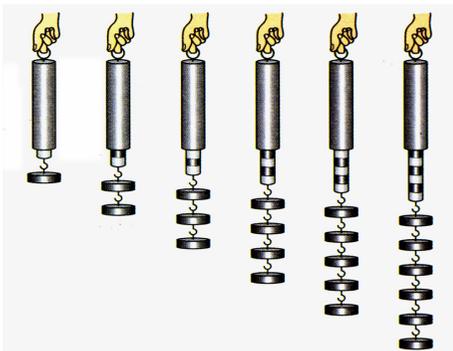



그림 2-31. 용수철의 늘어난 길이는 추가 받는 중력의 크기에 비례한다

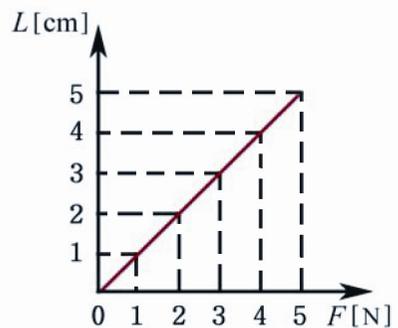



그림 2-32. 뒴힘과 변형사이의 관계그라프

실험에서 추 한개를 더 달 때마다 매번 용수철의 늘어난 길이는 같다. 그리고 그라프는 자리표원점을 지나는 직선으로 된다. 그러므로 용수철의 늘어난 길이는 추의 개수에 비례한다.

이로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

용수철의 늘어난 길이는 추가 용수철을 당기는 힘의 크기에 비례한다.

이런 원리에 기초하여 만든것이 측력계이다.

여러가지 종류의 측력계

그림 2-33에서와 같이 측력계는 용도에 따라 물체가 받는 중력을 재는 저울용측력계, 손아귀힘을 재는 측력계, 자동차나 뜨락또르와 같은 운수기재들의 끄는 힘을 재는 측력계 등으로 나눌수 있다.

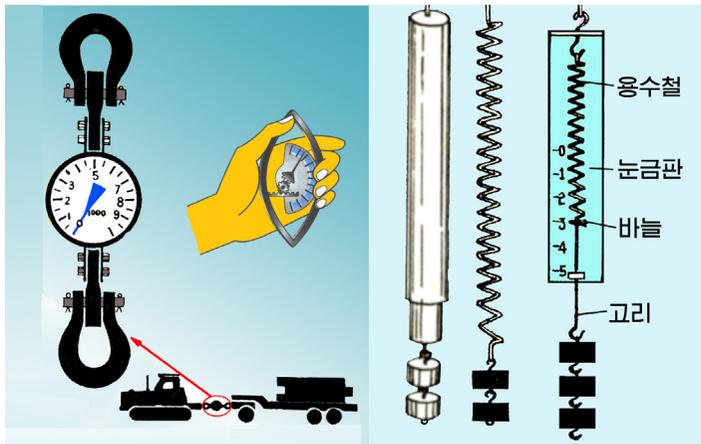



그림 2-33. 여러가지 측력계

그가운데서 학생실험용측력계의 구조와 그것으로 힘을 재는 방법을 보자.

측력계에 아무것도 매달지 않았을 때 또는 아무런 힘도 주지 않았을 때 바늘이 가리키는 점은 《0》이다. 여기에 100g짜리 추 하나를 매달았을 때 바늘이 가리키는 점은 1N으로 된다. 이와 꼭같은 간격으로 2N, 3N 등의 눈금이 새겨져있다. 그리고 1N과 2N, … 사이의 작은 눈금들은 힘의 크기를 보다 정확히 재기 위한것이다.

측력계를 사용할 때 최대눈금값을 알고 재려는 힘의 크기가 그 최대측정범위를 넘지 않게 하여야 한다.

문 제

1. 용수철에 같은 추 2개를 매달았더니 용수철이 1.8cm 늘어났다. 용수철의 길이를 4.5cm만큼 늘구려면 추를 몇개 매달아야 하는가?
2. 길이가 10cm인 용수철이 있다. 여기에 추 한개를 달면 그의 길이는 11.2cm로 된다.

같은 추 5개를 달면 용수철의 길이는 얼마로 되겠는가?

3. 추를 매달지 않았을 때 길이가 15cm인 용수철이 있다. 여기에 20g짜리 추를 매달면 2cm 더 늘어난다.

ㄱ) 30g짜리 추를 매달면 용수철의 길이는 얼마로 되겠는가?

ㄴ) 용수철의 길이가 20cm로 될 때까지 당기려면 얼마의 힘을 주어야 하는가?

제 7 절. 힘의 합성과 평형

두 힘의 합성

짐을 실은 밀차를 끌고갈 때 혼자서 끄는것보다 둘이서 함께 끌고가면 한결 쉽다.

또한 두 학생이 같이 밀어야 움직이는 물체를 어른은 혼자서 밀수 있다.(그림 2-34)

그림 2-34. 어른의 힘은 두 학생의 힘들의 합과 같다

이와 같이 한 물체에 두 힘이 동시에 작용할 때 이 힘들과 꼭같은 효과를 나타내는 한개의 힘을 **합력**이라고 부르고 합력을 구하는것을 두 힘의 **합성**이라고 부른다.

그림 2-35. 같은 방향으로 작용하는 두 힘의 합성

❓ 한 직선우에서 같은 방향으로 두 힘이 작용하는 경우에 합력의 크기는 어떻게 표시할수 있는가.

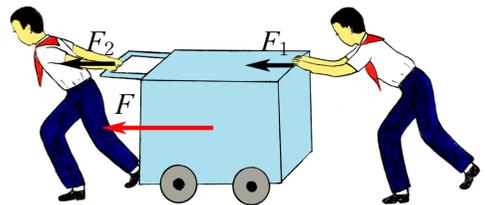



그림 2-35와 같이 한 직선우에서 같은 방향으로 물체에 작용하는 두 힘의 합력의 크기는 이 두 힘의 크기의 합과 같고 방향은 이 두 힘의 방향과 같다.

❓ 한 직선우에서 두 힘이 서로 반대방향으로 작용하면 합력의 크기는 어떻게 되겠는가.

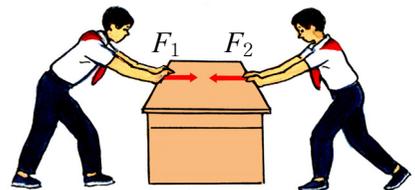



그림 2-36. 서로 반대방향으로 작용하는 두 힘의 합성

그림 2-36과 같이 한 직선우에서 서로 반대방향으로 작용하는 두 힘을 합성할 때 합

력의 크기는 큰 힘에서 작은 힘을 던것과 같고 방향은 큰 힘의 방향으로 향한다.

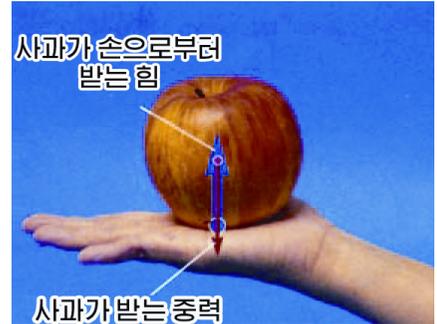
힘의 평형

우리는 일상생활과정에 물체가 힘의 작용을 받고있지만 멎어있는것을 자주 보게 된다.

그림 2-37에서 손으로 받쳐든 사과가 중력을 받으면서도 멎어있는것은 손으로 사과를 받쳐든 힘이 중력과 비겼기때문이다.

그림 2-37. 힘을 받고있지만 물체는 멎어있다

이와 같이 물체가 두 힘의 작용을 받으면서 멎어있을 때 그 두 힘은 **평형을 이루었다**고 말한다.

그러면 물체에 작용하는 힘들이 어떤 조건에서 평형을 이루겠는가를 실험으로 알아보자.

○ 책상우에 놓인 밀차의 량쪽에 끈으로 꼭같은 접시를 각각 매달고 그우에 분동을 올려놓으면서 밀차의 운동상태를 알아본다.(그림 2-38) 량쪽에 작용하는 힘들의 크기가 같을 때 밀차는 멎어있다.

○ 밀차에 작용하는 힘을 그려보면 그림 2-39와 같다.

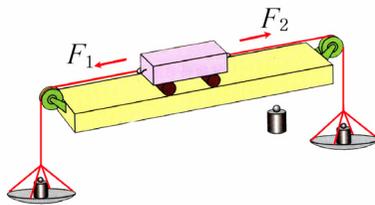



그림 2-38. 두 힘의 평형실험

그림 2-39. 평형을 이루는 두 힘

이 실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

한 물체에 작용하는 두 힘이 한 직선우에 있고 크기가 같고 방향이 반대이면 그 두 힘은 평형을 이룬다. 이것을 **두 힘의 평형조건**이라고 부른다.

우리 생활에서 두 힘이 평형인 실례는 얼마든지 찾아볼수 있다.

책상우에 놓여있는 책(그림 2-40)과 줄에 매달린 조명기구(그림 2-41)는 두 힘이 평형을 이루는 실례들이다.

그림 2-40. 중력과 올려미는 힘의 평형

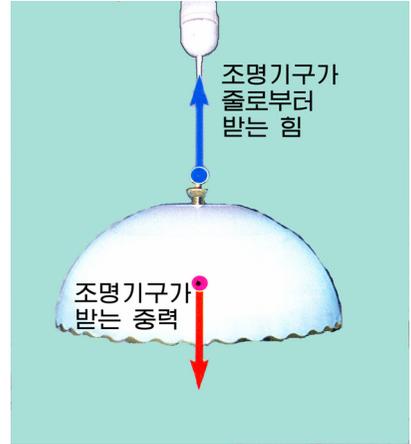



그림 2-41. 두 힘의 평형

[례제] 용수철에 추를 매달았다. 추에 작용하는 힘들을 찾고 추가 왜 멎어있는가를 밝혀라.(그림 2-42)

풀이. 추에는 중력이 작용한다. 그러므로 추를 매단 용수철이 늘어난다. 또한 추에는 용수철이 자기의 본래모양으로 되돌아가려는 튐힘이 작용한다.

이때 용수철에 매단 추가 움직이지 않고 멎어있는것은 추에 작용하는 중력과 튐힘이 서로 평형을 이루고있기때문이다. 이 두 힘은 크기가 같고 방향은 반대이며 작용점은 모두 추에 있다.

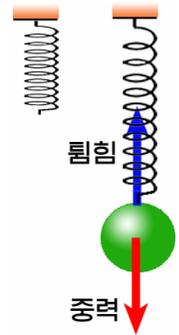



그림 2-42

문제

1. 두 학생이 밀차를 다음과 같이 끌고갈 때 합력의 크기와 작용점을 그림으로 표시하여라.
   ㄱ) 한 학생은 앞에서 끌고 다른 학생은 뒤에서 밀고갈 때
   ㄴ) 두 학생이 함께 앞에서 끌고갈 때
2. 책상우에 바른6면체모양의 물체가 있다. 물체에 작용하는 힘들을 모두 찾아 표시하고 왜 평형을 이루고있는가를 지적하여라.
3. 천정에 전등이 줄로 매달려있다. 전등이 받는 힘들을 모두 찾고 왜 평형을 이루고있는가를 밝혀보아라.

제 8 절. 작용과 반작용

작용과 반작용이란 무엇인가

그림 2-43과 같이 물우에 떠있는 배에 탄 학생이 다른 배를 밀면 두 배가 다 동시에 밀려난다. 마찬가지로 손바닥으로 책상을 밀면 책상이 손을 우로 올려민다.(그림 2-44)

그림 2-43. 학생이 다른 배를 밀 때 두 배가 동시에 밀려난다

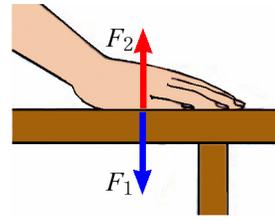



그림 2-44. 손과 책상의 호상작용

이와 같이 한 물체가 다른 물체에 힘을 주면 그 물체도 힘을 준 물체에 동시에 힘을 준다.

그러면 물체들사이의 호상작용은 어떻게 일어나는가.

실험

○ 한 밀차에 고정된 튀개(강철판)를 굽혀서 실로 매고 실을 초불로 끊어보자.(그림 2-45) 밀차가 그대로 멎어있다.

○ 다음 튀개를 굽혀 실로 매고 거기에 다른 밀차를 가져다 댄 다음 초불로 실을 끊어보자.(그림 2-46) 두 밀차가 동시에 서로 뒤로 밀려난다.

그림 2-45. 혼자서는 그 어떤 작용을 주지 못한다

그림 2-46. 작용과 반작용은 호상작용하는 두 물체가 있어야 한다

실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

그 어떤 물체든지 힘을 주는 다른 물체가 없으면 움직이지 못한다. 그리고 한 물체가 다른 물체에 힘을 주면 그 물체도 힘을 준 물체에 동시에 힘을 준다.

여기서 한 힘을 **작용**이라고 부르고 다른 힘을 **반작용**이라고 부른다.

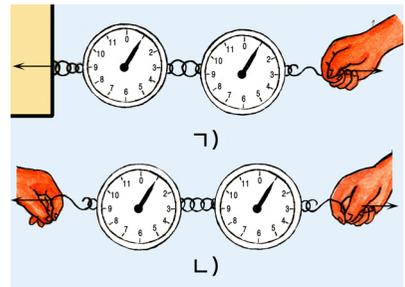
작용과 반작용의 호상관계

그러면 작용과 반작용이 어떻게 호상작용하는가를 실험으로 알아보자.

○ 벽에 걸어놓은 측력계에 다른 측력계를 걸고 손으로 당기면서 두 측력계가 가리키는 눈금값을 살펴보자.(그림 2-47의 ㄱ) 이때 두 측력계가 가리키는 눈금값은 꼭같다.

○ 측력계를 서로 마주 걸고 두손으로 당기면서 두 측력계가 가리키는 눈금값을 비교해보자.이때도 두 측력계가 가리키는 눈금값은 꼭같다.(그림 2-47의 ㄴ)

그림 2-47. 작용과 반작용실험

○ 이번에는 세게 또는 약하게 당기면서 그 두 눈금값의 크기가 어떻게 나타나는가를 알아보자. 이때 두 측력계의 눈금값은 꼭같은 크기로 동시에 커졌다가 동시에 작아진다.

이 실험으로부터 다음과 같은 결론을 내릴수 있다.

첫째로, 두 물체가 서로 힘을 주고받을 때 나타나는 작용과 반작용은 크기가 같고 방향은 서로 반대이다.

둘째로, 먼저 작용이 있고 다음에 반작용을 하는것이 아니라 동시에 생겨나고 동시에 없어진다.

셋째로, 작용과 반작용의 작용점은 서로 다른 물체에 있기때문에 합성할수 없다.

그림 2-48에서 손에 가방을 들었을 때 사람이 가방을 들고있는 힘과 가방이 손에 주는 힘은 작용과 반작용이며 손에서 가방을 놓는 순간에 동시에 없어지면서 가방은 중력만의 작용을 받아 떨어진다.

그림 2-48. 작용과 반작용

작용과 반작용현상은 우리 생활에서 얼마든지 찾아볼수 있다.

배를 타고 노를 저을 때 노대가 물을 뒤로 밀면 그 반작용으로 물이 노대에 힘을 주어 배가 앞으로 전진한다.(그림 2-49)

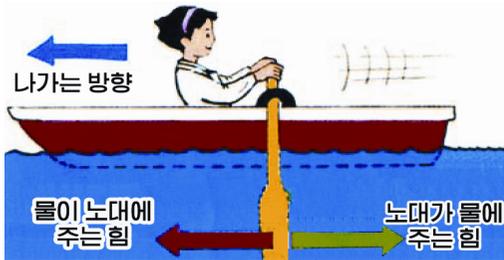



그림 2-49. 배와 물사이의 호상작용

그림 2-50. 사람의 발과 땅사이의 작용과 반작용

사람이 달릴 때 발로 땅을 뒤로 차면 이때 그 반작용으로 땅은 발에 힘을 주어 사람이 앞으로 나가게 된다.(그림 2-50)

작용과 반작용은 평형을 이루는 두 힘과 어떻게 다른가?

1. 다음의 작용과 반작용에 대한 판단중에서 정확한것은 어느것인가?
   ㄱ) 먼저 작용이 있고 다음에 반작용이 있다.
   ㄴ) 말이 수레를 끌어 움직이는것은 말이 수레를 끄는 힘이 수레가 말을 끄는 힘보다 크기때문이다.
   ㄷ) 사람이 땅에 서있는것은 사람에 대한 땅의 작용결과이다.
   ㄹ) 중력에 대한 반작용을 가하는것은 물체이다.
2. 2개의 금속구가 서로 부딪칠 때 작용과 반작용을 그림으로 그려라.
3. 반작용을 리용한 기계들의 실례를 들어보아라.
4. 두 사람이 마주 서서 약한 바줄을 당길 때와 그 바줄의 한끝을 벽에 매고 둘이서 함께 다른 끝을 당긴다. 어느 경우에 바줄이 먼저 끊어지겠는가?

제 9 절. 무 게

무게란 무엇인가

짐을 손에 들고 갈 때나 어깨에 메고 갈 때 짐이 무겁다 혹은 가볍다고 말한다.

짐이 얼마나 무거운가를 대략 알아보기 위해서는 짐을 손으로 들어보며 정확히 알아보기 위해서는 용수철저울로 달아본다. 이렇게 알아낸것을 무게라는 말로 표현한다.

그러면 무게란 무엇인가.

그림 2-51과 같이 나무나 책상우에 추를 올려놓자.

그림 2-51. 추는 중력을 받는다

이 추는 지구로부터 중력을 받으므로 받드는 물체가 없다면 추는 아래로 떨어질것이다. 그런데 나무나 책상면이 추를 받쳐주므로 추는 나무나 책상면을 누르게 된다.

그림 2-52와 같이 용수철에 물체를 달아매자. 물체는 중력에 의하여 아래로 내려가게 되는데 용수철이 우로 당기기때문에 내려가지는 못하고 용수철에 매달려있다. 이 경우에 물체는 용수철을 아래로 당긴다.

이와 같이 받침면에 놓여있는 물체가 받침면을 누르는 힘이나 매달린 물체가 용수철을 당기는 힘을 물체의 **무게**라고 부른다.

물체의 무게는 용수철저울(측력계)로 재며 그것을 재는 단위는 힘의 단위인 1N을 쓴다.

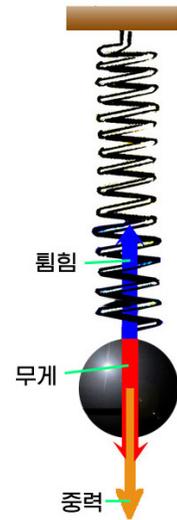



그림 2-52. 용수철에 매달린 물체의 무게

무게와 중력

중력은 지구가 끌어당기는 작용에 의하여 물체가 받는 힘이고 무게는 물체가 받치고있는 면을 누르거나 매달린 상태에서 줄을 당기는 힘이다.

즉 중력을 받으면서 멎어있는 물체의 무게는 그 물체가 지구로부터 받는 힘인 중력과 크기도 같고 방향도 같다.

그러나 중력과 무게는 같은 힘이 아니다.

이 두 힘은 작용점이 서로 다른 물체에 있다.

그림 2-51에서 책상우에 놓여있는 추에 작용하는 중력의 작용점은 추에 있지만 이 추의 무게의 작용점은 책상면에 있다.

또한 그림 2-52에서 용수철에 매달린 물체에 작용하는 중력의 작용점은 물체에 있지만 물체의 무게의 작용점은 용수철에 있다.

무게와 질량은 어떻게 다른가?

문제

1. 물체가 수평면우에 놓여있다. 물체에 작용하는 힘들을 그림으로 표시하고 다음의 내용중에서 옳은것과 틀린것을 찾아보아라.
   ㄱ) 중력과 면이 올려미는 힘은 작용과 반작용이다.
   ㄴ) 무게와 면이 올려미는 힘은 작용과 반작용이다.
   ㄷ) 면이 올려미는 힘과 중력은 크기가 같고 방향이 반대이며 평형을 이룬다.
2. 물체가 줄에 매달려있다. 물체에 작용하는 힘들을 화살로 표시하고 다음의 내용중에서 옳은것과 틀린것을 찾아보아라.
   ㄱ) 물체가 줄을 당기는 힘과 중력은 작용과 반작용이다.
   ㄴ) 물체가 줄을 당기는 힘(무게)과 줄이 물체를 당기는 힘은 작용과 반작용이다.
   ㄷ) 줄이 물체를 당기는 힘과 중력은 작용과 반작용이다.
   ㄹ) 줄이 물체를 당기는 힘과 중력은 크기가 같고 방향은 반대이며 평형을 이룬다.
3. 지구가 물체를 끌어당기는것처럼 달도 물체를 끌어당긴다. 그런데 달은 지구보다 작으므로 물체를 끄는 힘도 약하다. 질량이 60kg인 곰이 달에 올라가면 무게가 약 100N밖에 안된다. 달에서는 무게가 지구에서보다 몇분의 1로 작아지겠는가?
4. 천평으로 무게를 달수 있는가? 지구와 달에서 같은 물체를 천평으로 달 때 질량과 무게의 값이 어떻게 되겠는가?

제 10 절. 마찰력이란 무엇인가

마찰력과 그의 크기

우리가 생활에서 흔히 보게 되는 일이지만 운동하는 물체에 계속 힘을 주지 않으면 얼마쯤 가다가 저절로 멎게 된다.

그런 현상의 실례로서 달리는 자전거의 발디디개를 돌려주지 않으면 조금 가다가 저절로 멎는 현상, 언덕진 눈판을 빠르게 지쳐내리던 썰매가 수평길에 들어서면 점점 속도가 떠지다가 멎는 현상 등을 들수 있다.

운동하는 물체에 힘을 주지 않으면 저절로 멎게 되는것은 무엇때문인가.

그것은 어떤 물체가 다른 물체와 서로 맞닿아서 운동할 때 그 운동을 방해하는 힘이 작용하였기때문이다.

이와 같이 서로 접촉하고있는 두 물체가운데서 한 물체가 다른 물체의 걸면우에서 운동할 때 그 운동을 방해하는 힘이 **마찰력**이다.

이로부터 마찰력이 발생하자면 두 물체가 서로 접촉해야 하고 한 물체가 다른 물체의 걸면에서 운동하거나 운동하려고 하여야 한다.

미끄럼마찰력과 굴음마찰력

수평면우에서 물체가 미끄러질 때와 굴러갈 때 마찰력이 작용한다.

물체가 미끄러지면서 운동할 때 나타나는 마찰력을 **미끄럼마찰력**, 굴러갈 때 나타나는 마찰력을 **굴음마찰력**이라고 부른다.

마찰력의 크기는 무엇에 관계되는가.

먼저 미끄럼마찰력의 크기가 무엇에 관계되는가를 실험으로 알아보자.

○ 책상우에 놓여있는 나무판우에 다른 나무토막을 올려놓고 측력계에 걸어 등속으로 잡아당기면서 측력계의 눈금을 읽고 이 나무토막우에 추를 올려놓은 다음 같은 방법으로 측력계의 눈금을 읽는다.(그림 2-53) 추를 올려놓은 경우 측력계의 눈금값이 더 크다.

○ 이번에는 책상우에 고무판을 올려놓고 우와 같은 방법으로 실험을 진행한다. 나무판우에서보다 고무판우에서 측력계의 눈금값이 더 크다.

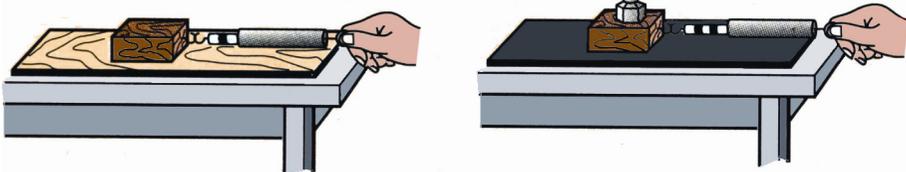



그림 2-53. 미끄럼마찰력의 크기를 알아보는 실험

이 실험을 통하여 미끄럼마찰력의 크기는 접촉면을 누르는 힘이 클수록 크며 접촉면이 거칠수록 크다는것을 알수 있다.

이번에는 굴음마찰력의 크기를 실험으로 알아보자.

○ 책상우에 밀차를 뒤집어놓고 측력계에 걸어 등속으로 잡아당기면서 미끄럼마찰력의 크기를 잰다.

○ 다음에 밀차를 바로 놓고 측력계에 걸어 등속으로 당기면서 바퀴가 굴러갈 때 굴음마찰력의 크기를 잰다.(그림 2-54) 이 두 값을 비교하면 밀차가 굴러갈 때 측력계의 눈금값이 더 작다는것을 알수 있다.

그림 2-54. 미끄럼마찰력과 굴음마찰력의 크기비교실험

이 실험은 굴음마찰력이 미끄럼마찰력보다 매우 작다는것을 보여준다.

마찰력의 리용

사람은 걸어갈 때나 달릴 때 신발바닥과 땅사이의 마찰력에 의하여 신발이 뒤로 미끌지 않고 앞으로 나갈수 있으며 차가 달릴 때에는 바퀴와 도로사이의 마찰력에 의해 바퀴가 헛돌지 않고 차가 앞으로 나갈수 있다.

마찰력이 없으면 사람은 걸어갈수도 없고 차들은 움직일수 없다.(그림 2-55) 그러므로 신발바닥이나 차바퀴에는 마찰력을 크게 하기 위하여 홈들을 많이 낸다.(그림 2-56)

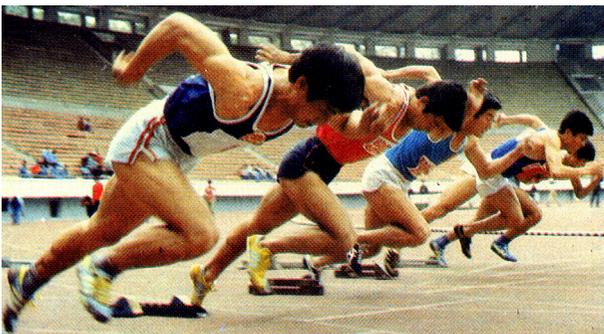



그림 2-55. 마찰력이 있어 달릴수 있다

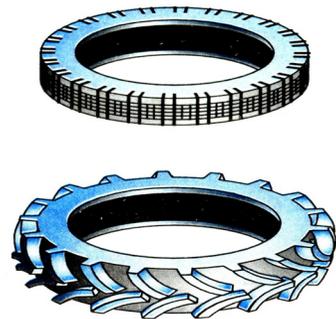



그림 2-56. 마찰력을 크게 하는 다이야홈

마찰력을 리용하여 짐을 나른다.(그림 2-57)

마찰력은 우리 생활에 해로울 때도 있다.

기계가 돌아갈 때 부분품들사이의 마찰은 기계가 돌아가는것을 방해하며 부분품을 닳아 못쓰게 만든다. 사실 기계의 수명은 이러한 마찰력의 작용으로 감소된다. 마찰력을 작게 하기 위하여 기계의 돌아가는 부분에 베아링을 달거나 기름을 주입하여 마찰력을 작게 한다.(그림 2-58)

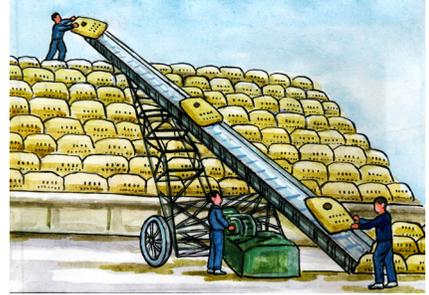



그림 2-57. 벨트콘베아의 리용

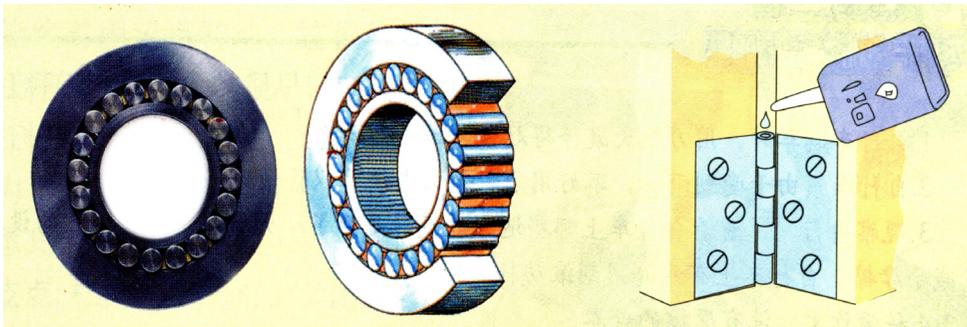



그림 2-58. 베아링과 기름은 마찰력을 작게 하기 위한것이다

베아링을 설치하는것은 미끄럼마찰력을 굴음마찰력으로 바꾸어 마찰력을 작게 하자는것이며 기름을 치는것은 미끄럼마찰력을 작게 하기 위한것이다.

손수레나 자전거, 자동차, 기차 등 거의 모든 운수기재들에 바퀴가 붙어있는것은 굴음마찰력을 리용하여 작은 힘으로 무거운 물체를 쉽게 운반하기 위해서이다.

문 제

1. 마찰력을 리용하는 실례들과 마찰력이 해로와서 그것을 작게 하는 실례들을 들어보아라.
2. 마찰력의 크기에 관계되는것들은 다음의 표현들중에서 어느것인가?
   ㄱ) 마찰력은 두 물체의 접촉면의 크기에 관계된다.
   ㄴ) 마찰력은 두 물체가 맞닿는 접촉면의 상태(거치른가 매끈한가)에 관계된다.
   ㄷ) 마찰력은 물체가 접촉면을 누르는 힘의 크기에 관계된다.
   ㄹ) 마찰력은 물체가 면과 맞닿아 멎어있을 때에도 작용할수 있다.
3. 기관차가 차량들을 끌고갈 때 바퀴들은 철길레루로부터 마찰력을 받는다. 어떤 바퀴가 받는 마찰력이 리로우며 어떤 바퀴가 받는 마찰력이 해로운가?
4. 아스팔트길에서보다 얼음판에서 걷는것이 더 힘들다. 왜 그런가?
5. 물에 사는 물고기 특히 미꾸라지는 손으로 잡기 힘들다. 왜 그런가?

제 11절. 관 성

관성이란 무엇인가

손님들을 태운 뻐스가 급히 떠날 때는 사람들의 몸이 뒤로 젖혀지고 달리던 뻐스가 갑자기 멎을 때는 사람들의 몸이 앞으로 쏠린다.(그림 2-59)

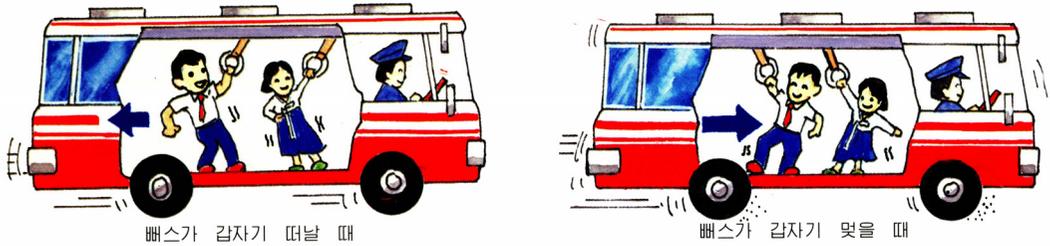



그림 2-59. 뻐스가 갑자기 떠날 때와 갑자기 멎을 때 몸의 쏠림상태

운전수가 안전띠를 착용하지 않은 상태에서 차를 몰다가 갑자기 멈추어서면 피해를 입는 현상들도 이때문이다.

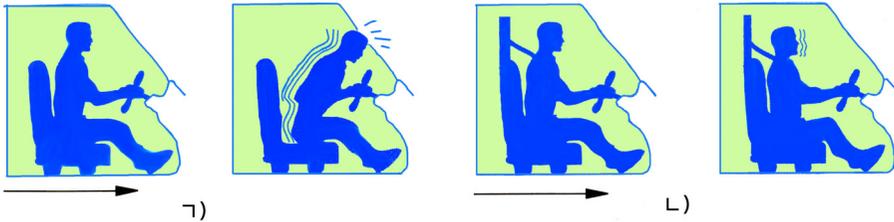



그림 2-60. 안전띠를 착용하여야 한다

이런 현상들을 통하여 물체의 운동상태가 갑자기 달라질 때 물체는 본래의 운동상태를 유지하려는 성질을 가지고있다는것을 알수 있다.

그러면 이것을 실험으로 확인해보자.

그림 2-61과 같은 경사면우에서 굴러내리던 구가 수평면우에 이르러서는 밀어주는 힘이 작용하지 않는데도 운동을 계속한다. 이것은 운동하는 물체는 다른 물체로부터 힘을 받지 않으면 본래의 운동방향과 속도를 가지고 운동을 계속한다는것을 보여준다.

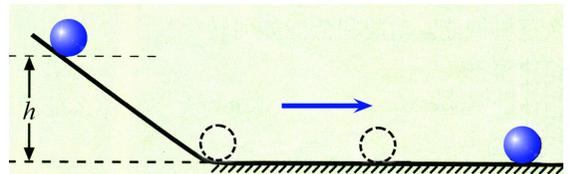



그림 2-61. 미는 힘이 없어도 일정한 거리를 옮겨간다

이와 같이 물체가 멎어있거나 등속직선운동상태를 보존하려는 성질을 **관성**이라고 부른다. 모든 물체는 멎어있든 운동하든 관계없이 다 관성을 가지고있다.

관성의 크기는 무엇에 관계되는가

관성은 모든 물체가 다 가지고있지만 물체마다 관성의 크기는 다르다.

그러면 관성의 크기가 무엇에 관계되는가를 실험으로 알아보자.

실험

○ 그림 2-62와 같이 종이우에 질량이 다른 두 나무토막을 올려놓고 종이를 빨리 잡아당긴다. 작은 나무토막은 좀 움직이다가 멎는데 큰 나무토막은 거의나 움직이지 않고 그 자리에 머물러있다.

○ 나무토막들이 종이와 함께 움직이도록 종이를 당기다가 멈춘다. 작은 나무토막은 얼마 못가서 멈춰서지만 큰 나무토막은 더 멀리까지 움직여간다.

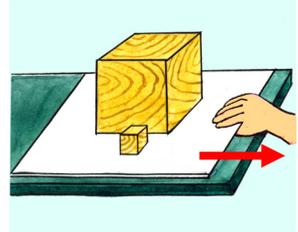



그림 2-62. 관성의 크기 알아보는 실험

실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

질량이 큰 물체는 관성이 크다. 즉 질량이 클수록 관성이 크다.

이것은 같은 속도로 달리는 자동차보다 기차를 멈춰세우기가 더 어려운데서 알수 있다.

관성의 리용

관성은 우리 생활에서 여러가지로 리용된다. 망치자루를 맞출 때 그 뒤끝을 굳은 물체에 대고 몇번 치면 자루는 정지되나 망치대가리는 관성에 의하여 계속 운동하기때문에 자루에 단단히 박힌다.(그림 2-63)

자동차운전수는 발동을 끈 후에도 관성에 의하여 자동차가 일정한 거리를 가는 성질을 리용하여 멎기 전에 발동을 끔으로써 그만큼 연유를 절약한다.

그림 2-63. 관성을 리용하여 망치자루를 맞춘다

관성은 힘과 어떤 관계에 있는가?

문제

1. 기관차나 궤도전차는 승용차보다 멈추기가 힘들다. 그 근거는 무엇인가?
2. 삽으로 흙을 멀리에 던질 때 관성이 어떻게 리용되겠는가?

3. 관성에 대한 아래의 판단중에서 정확한것은 어느것인가?

ㄱ) 정지해있는 물체는 정지관성을 가지고 운동하고있는 물체는 운동관성을 가진다.

ㄴ) 관성이 큰 물체일수록 본래운동상태를 유지하려는 능력이 크다.

ㄷ) 속도가 빠른 물체일수록 관성이 크다.

ㄹ) 물체가 가지고있는 관성은 운동하고있든 정지하고있든 그 운동상태에 관계되지 않는다.

문제. 여러가지 물체들의 운동속도를 비교하여보아라.

방향. · 우리 둘레에서 알수 있는 20가지정도의 물체의 운동속도값을 알아본다.

· 이 속도값들의 크기순서로 표를 작성한다.

· 제일 빠른 속도와 제일 느린 속도값이 얼마나 차이나는가를 대비하여본다.

복습문제

1. 아래의 내용들가운데서 정확한것과 그렇지 못한것을 찾고 그 근거를 밝히여라.

ㄱ) 력학적운동에는 등속운동과 부등속운동이 속한다.

ㄴ) 물과 공기의 흐름은 력학적운동에 속하지 않는다.

ㄷ) 물체가 력학적운동을 하는가 하지 않는가를 알자면 반드시 기준물체가 있어야 한다.

2. 물체가 첫 1s동안에 2m를 움직이고 4s후에 8m 전진하였다. 그 물체의 운동은 어떤 운동인가? 아래에서 옳은 답을 찾아보아라.

ㄱ) 등속직선운동이다.

ㄴ) 부등속직선운동이다.

ㄷ) 처음에 등속직선운동을 하고 후에 부등속직선운동을 하였다.

ㄹ) 주어진 조건으로써는 알수 없다.

3. 속도에 대한 다음의 내용들가운데서 정확한것은 어느것인가? 아래에서 찾아보아라.

ㄱ) 속도는 물체의 빠른 정도를 나타내는 물리적량이다.

ㄴ) 속도는 물체가 운동한다는것을 나타내는 물리적량이다.

ㄷ) 속도는 물체가 얼마나 멀리 가는가를 나타내는 물리적량이다.

ㄹ) 물체가 등속직선운동을 하면 임의의 순간과 장소에서 그 속도의 크기는 꼭같다.

4. 어떤 물체가 등속직선운동을 하는데 5min동안에 600m를 지나갔다. 그 절반되는 시간동안에 물체가 지나간 거리는 얼마인가?

(답. 300m)

5. 뜨락또르가 처음 10min동안은 8km/h의 속도로 달리고 그다음 30min동안은 7.8km/h의 속도로 달렸다. 뜨락또르가 지나간 전체 거리와 시간은 얼마인가?

(답. 약 5.23km, 40min)

6. 한 저격수가 72km/h의 속도로 모터찌클을 타고 도망치는 미국놈을 길옆 수림속에서 쏘았다. 총과 모터찌클사이의 거리는 1 000m이다. 총알의 속도가 800m/s 이라면 몇m앞을 겨누고 쏘아야 맞히겠는가?

(답. 25m)

7. 빈 칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

	힘을 주는 물체	힘을 받는 물체	힘에 의한 변화
불도젤이 흙을 민다.			
사람이 물바께쯔를 든다.			
활쏘기선수가 활을 당긴다.			
말이 수레를 끈다.			
총구에서 총알이 발사된다.			

8. 다음의 내용들에서 물체가 받는 힘의 방향, 힘의 작용점을 그림으로 그려보아라.

ㄱ) 밀차를 끌고간다.

ㄴ) 밀차를 밀고간다.

ㄷ) 기중기가 짐을 들어올린다.

ㄹ) 물체가 경사면우에 놓여있다.

9. 다음의 내용들가운데서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝히여라.

ㄱ) 물체가 받는 중력은 그 질량이 변하면 따라서 변한다.

ㄴ) 질량이 1kg인 물체가 받는 중력은 1N이다.

ㄷ) 공기중에 떠있는 먼지도 중력의 작용을 받는다.

ㄹ) 질량이 클수록 물체가 받는 중력도 크다.

10. 땅우에서 굴러가는 축구공에 어떤 힘들이 작용하는가? 거기에서 평형을 이루는 힘들을 표시하여라.

11. 다음의 내용들가운데서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝히여라.

ㄱ) 두 힘의 합력은 한 힘의 크기보다 언제나 크다.

ㄴ) 두 힘의 합력은 한 힘의 크기보다 클수 없다.

ㄷ) 두 힘의 합력은 령이 될수 있다.

12. 용수철에 같은 추 3개를 매달았더니 2.4cm 늘어났다. 5.6cm 늘이려면 추를 몇 개나 더 걸어야 하는가?

(답. 4개)

13. 용수철에 추를 하나 달았더니 길이가 1.5cm 늘어났다. 추의 개수에 따라 길이가 어떻게 변하는가를 그라프로 표시하여라.

14. 두 학생이 측력계를 량끝에서 각각 5N의 힘으로 당긴다. 측력계가 가리키는 눈금은 얼마이겠는가? 아래에서 대답을 찾아보아라.

ㄱ) 10N　ㄴ) 0N　ㄷ) 25N　ㄹ) 5N

15. 배에서 노를 저을 때 배를 움직이게 하는 힘은 다음의 표현들가운데서 어느것인가?

ㄱ) 노가 물을 미는 힘

ㄴ) 사람이 배를 미는 힘

ㄷ) 물이 물을 미는 힘

ㄹ) 물이 노를 미는 힘

16. 어떤 물체에 두 힘이 작용하는데 그 두 힘의 세 요소(크기, 방향, 작용점)가 똑같다. 그 두 힘은 어떤 힘이겠는가?

ㄱ) 두 힘은 평형을 이룬다.

ㄴ) 두 힘은 평형을 이루지 못한다.

ㄷ) 두 힘은 평형을 이룰수도 있고 이루지 않을수도 있다.

ㄹ) 작용과 반작용이다.

ㅁ) 조건이 정확하지 않으므로 알수 없다.

17. 물체가 경사면우에 놓여있다. 물체가 경사면에 주는 무게를 그림으로 표시하여 보아라.

18. 다음의 내용중에서 옳은것은 어느것인가를 밝혀보아라.

ㄱ) 피대가 돌 때 피대와 그것을 돌려주는 바퀴사이의 마찰은 미끄럼마찰이다.

ㄴ) 자전거에 제동을 건 후 바퀴는 돌지 않지만 자전거가 일정한 거리를 움직일 때 바퀴와 땅사이의 마찰은 미끄럼마찰이다.

ㄷ) 자동차가 달릴 때 차바퀴와 땅사이의 마찰은 미끄럼마찰이다.

19. 자전거를 멈출 때 손제동기를 꽉 쥘수록 자전거가 받는 마찰력이 크다. 그것은 무엇때문인가? 아래에서 정확한 답을 찾아보아라.

ㄱ) 손제동기와 자전거바퀴사이의 접촉면이 거칠기때문이다.

ㄴ) 자전거의 바퀴와 제동띠사이의 접촉면적이 크기때문이다.

ㄷ) 굴음마찰력이 미끄럼마찰력으로 변했기때문이다.

ㄹ) 제동띠가 바퀴를 누르는 힘이 크기때문이다.

20. 같은 힘으로 무게가 다른 두 밀차를 밀었다놓으면 어느것이 더 멀리가는가? 어느것의 관성이 더 큰가?

21. 질량이 크고작은 두 물체가 마주 오다가 부딪쳐 튕겨났다. 어느 물체의 속도가 더 많이 변하였겠는가? 왜 그런가?

22. 아래의 현상들가운데서 관성이 원인으로 되지 않는것은 어느것인가?

ㄱ) 교실에 있는 교탁이 제자리에 있는것

ㄴ) 운동선수가 결승선에 도착하여 갑자기 멈추어서지 못하는것

ㄷ) 뻐스안에 있는 사람이 뻐스가 갑자기 멈추어설 때 앞으로 쏠리는것

ㄹ) 경사면을 따라 아래로 내려가는 자전거의 속도가 점점 빨라지는것

23. 크기가 꼭같은 두개의 알루미니움구가 있는데 그중 하나는 속이 비였다. 이것을 어떤 방법으로 알아볼수 있는가?

24. 일정한 속도로 달리는 차안에 앉아있는 사람이 탁자우에 놓여있던 작은 구가 갑자기 차머리쪽으로 운동하는것을 발견하였다. 이것은 무엇을 보여주는가? 아래에서 답을 정확히 찾아보아라.

ㄱ) 차의 속도가 갑자기 커졌다.

ㄴ) 차의 속도가 갑자기 작아졌다.

ㄷ) 구의 운동은 차의 속도에 관계되지 않는다.

제3장. 일

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《기계는 로동을 헐하게 하고 로동생산능률을 높이는 위력한 수단입니다.》

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 유훈을 높이 받들고 우리 나라에서는 사람을 대신하여 많은 일을 할수 있는 유압식굴착기와 같은 여러가지 능률높은 기계들을 많이 생산하여 인민경제를 발전시키고 인민생활을 높이는데 크게 기여하고있다.

이 장에서는 일이란 무엇이며 사람들의 힘든 일을 대신해주는 기계들에서 널리 쓰이고있는 지레와 도르래 그리고 여기에 적용되는 일전달의 원리와 일능률에 대하여 학습하기로 한다.

제 1 절. 일과 그의 크기

일이란 무엇인가

사람들은 일상생활에서 일이라는 말을 많이 쓰고있다. 책을 읽거나 작품을 쓰며 작곡을 하거나 새로운것을 연구하는 정신로동도 일이라고 말한다.

건설장에서 기중기가 벽체를 들어올릴 때에도 일을 한다고 하며 뜨락또르가 논밭을 갈 때에도 일을 한다고 말한다.(그림 3-1)

그림 3-1. 유압식굴착기는 땅을 파고 기중기는 짐을 들어올리고있다

물리에서는 어떤 때 일을 한다고 말하는가.

사람이 삽으로 흙을 파내는 일을 할 때에는 힘을 주어 흙을 옮겨놓는다. 사람이 짐을 실은 밀차를 밀고갈 때는 밀차에 힘을 주어 밀차를 옮겨놓는다. 이처럼 일할 때는 언제나 힘이 작용하여 그 물체를 힘방향으로 얼마만큼 옮겨놓는다.(그림 3-2)

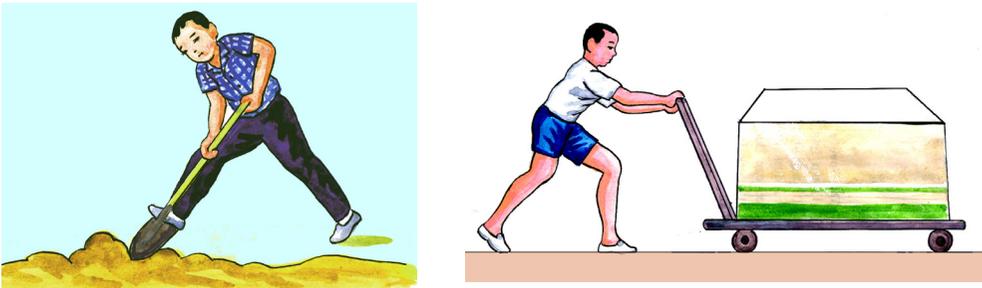



그림 3-2. 흙을 파내는 일, 밀차를 미는 일을 한다

물체에 힘이 작용하여 그 물체를 힘방향으로 옮겨놓을 때 그 힘은 일을 한다고 말한다. 이런 일을 **력학적일**이라고 부른다. 물리에서는 력학적일을 간단히 **일**이라고 부른다. 물체에 힘이 작용하여도 물체가 옮겨가지 않으면 힘은 일을 하지 않는다.

례를 들어 담벽을 아무리 센 힘으로 밀어도 담벽이 움직이지 않으면 일을 한다고 말할수 없다.(그림 3-3) 또한 물체가 이동하여도 힘을 받지 않으면 일한다고 볼수 없다.

례를 들어 밀차에 힘을 주어 밀고갈 때에만 일한다고 말하며 놓아준 다음 밀차가 관성에 의하여 운동할 때에는 일을 하지 않는다고 말한다.

수평면을 따라 미끄러져가고있는 물체의 운동에서는 물체의 운동방향과 중력의 방향은 서로 수직이며 이때 중력의 방향으로 물체가 조금도 이동한것이 없다. 이때 중력은 일하지 않았다. 이처럼 물체에 작용하는 힘의 방향이 물체의 이동방향에 대하여 수직이면 그 힘은 일한것이 없다.(그림 3-4)

그림 3-3. 담벽을 밀어도 수행된 일은 없다

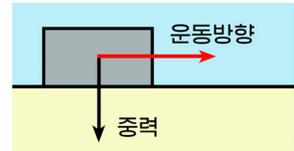



그림 3-4. 물체의 운동방향에 수직인 힘은 일을 하지 않는다

일의 크기

일의 크기는 무엇에 관계되는가.

기중기가 처음에는 물체 2개를 하나씩 두번에 들어올리고 다음에는 같은 물체 2개를 단번에 들어올렸다고 하자.

이 두 경우에 들어올린 방법은 다르지만 기중기가 수행한 일은 어떻게 되겠는가.

이것을 알아보기 위하여 다음의 실험을 하자.(그림 3-5)

실험

○ 무게가 1N인 꼭같은 추를 하나씩 네번에 꺾어 측력계에 달고 0.5m 거리를 들어올린다.

○ 추 2개를 묶어서 같은 높이에 두번 꺾어서 들어올린다.

○ 추 4개를 묶어서 단번에 들어올린다.

○ 힘과 들어올린 높이를 표에 적어 넣고 이 값들을 곱하여본다.

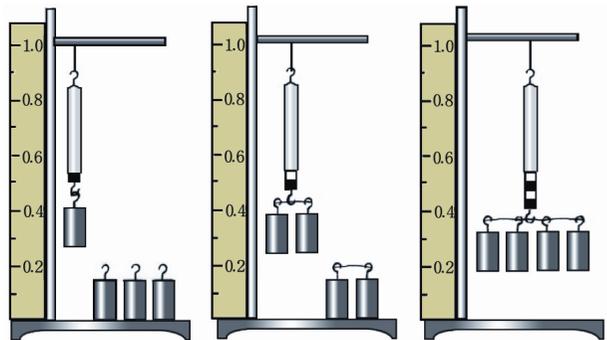



그림 3-5. 4개의 추를 여러가지 방법으로 들어올린다

들어올린 회수	힘[N]	거리[m]	힘×거리 [N·m]
4	1	0.5×4	2
2	2	0.5×2	2
1	4	0.5×1	2

표에서 보는바와 같이 힘과 거리를 곱한 값은 일하는 방법에 관계없이 일정하다.

그러므로 력학적일의 크기는 힘의 크기와 힘의 방향으로 이동한 거리를 곱한 값으로 정한다.

일=힘의 크기×힘의 방향으로 이동한 거리

$$A = FS$$

일의 단위

일을 측정하는 단위로는 1J(**줄**)을 쓴다.

1J은 1N의 힘으로 물체를 힘방향에 따라 1m만큼 옮겨갔을 때 수행한 일의 크기이다.

1J=1N×1m=1N・m

1J은 매우 작은 량이다. 그러므로 큰 일을 잴 때에는 이보다 1 000배 큰 단위인 1kJ(키로쥴)을 쓴다.

[례제] 수평인 길에서 무게가 1 500N인 차에 100N의 힘을 주어 10m 옮겨놓았을 때 수행한 일은 얼마인가?

풀이. 주어진것: P=1 500N, F=100N

S=10m

구하는것: A?

차에는 중력이 아래방향으로 작용하고 끄는 힘이 수평방향으로 작용한다.

그런데 차가 끄는 힘이 작용하는 방향으로 수평길을 따라 이동하였으므로 중력이 수행한 일은 없고 끄는 힘만이 일을 수행하였다. 따라서 끄는 힘이 수행한 일은

$$A = FS = 100\text{N}\cdot 10\text{m} = 1\ 000\text{N}\cdot\text{m} = 1\ 000\text{J} = 1\text{kJ}$$

답. 1kJ

문 제

1. 그림 3-6을 보면서 지게차, 뜨락또르, 직승기, 로케트가 수행한 일들에서 같은 점들을 찾아보아라.

그림 3-6

그림 3-7

2. 그림 3-7에서 먹이를 나르는 개미와 큰 돌을 들고있는 곰이 일을 하는가? 하지 않는가? 왜 그런가를 설명하여라.
3. 밀차를 95N의 힘으로 12m 밀고가다가 놓아주었더니 58m 더 가서 멎었다. 밀차를 민 사람이 하는 일을 구하여라.
4. 한 공장에 물을 공급하기 위하여 양수기로 매일 300m^{3}의 물을 40m의 높이에 끌어올린다. 양수기가 하는 일은 얼마이겠는가?
5. 0.5m^{3}의 체적을 가진 화강석(밀도는 2 700kg/m^3)을 20m 높이에 들어올렸다. 이때 한 일은 얼마인가?

제 2 절. 지레와 그의 평형조건

지레란 무엇인가

혼자서 들수 없는 무거운 짐을 든든한 막대기 하나로 들수 있는가.

그림 3-8과 같이 긴 막대기의 한끝을 무거운 돌밑에 밀어넣고 막대기밑에 작은 돌을 고인 다음 다른 끝을 누르면 고인 돌을 축으로 하여 막대기가 돌면서 큰 돌이 들린다.

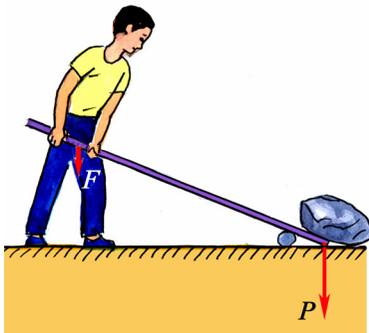



그림 3-8. 지레를 내려누른다

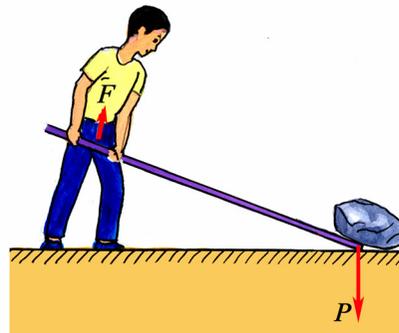



그림 3-9. 지레를 들어올린다

그림 3-9와 같이 막대기를 좀 더 밀어넣고 다른 끝을 들어보면 끝점을 축으로 하여 막대기가 돌면서 큰 돌이 들린다.

힘을 받아서 축둘레로 돌아갈수 있는 막대기를 **지레**라고 부른다.

지레가 돌 때 축의 역할을 하는 고정점을 **지지점**이라고 부른다. 지레의 지지점으로부터 지레에 준 힘의 작용선까지의 거리를 **준 힘의 팔**, 지지점으로부터 지레가 받는 힘의 작용선까지의 거리를 **받는 힘의 팔**이라고 부른다.

지레에는 두가지가 있다.(그림 3-10) 그 하나는 지지점이 두 힘의 작용점사이에 있는 지레(그림 ㄱ)이고 다른 하나는 지지점이 두 힘의 작용점밖에 있는 지레이다.(그림 ㄴ)

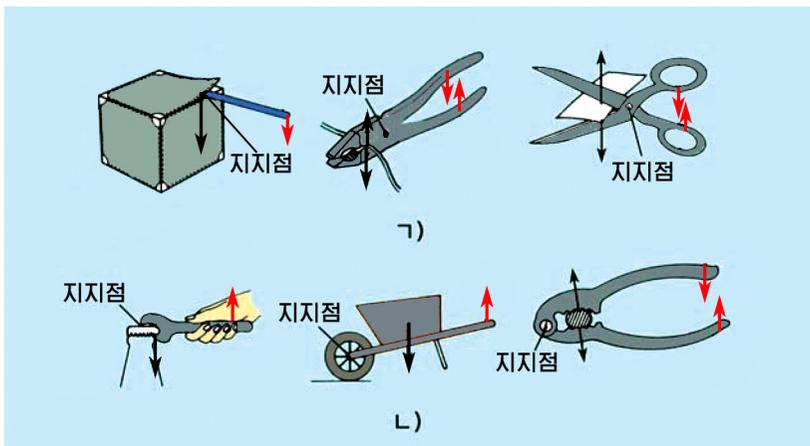



그림 3-10. 여러가지 지레

ㄱ) 준 힘과 받는 힘의 방향이 같은 지레
ㄴ) 준 힘과 받는 힘의 방향이 반대인 지레

지레의 평형조건

지레의 하나인 막대기저울로 물건을 어떻게 잴수 있겠는가.(그림 3-11)

물건을 고리에 매단 다음 저울추를 옮겨서 저울대가 수평되게 한다. 이때 저울대에는 물건이 내려끄는 힘, 추가 내려끄는 힘, 손잡이로 저울대를 우로 드는 힘이 작용하는데도 돌아가지 않고 수평상태에 멎어있게 된다. 이때 저울추가 가리킨 저울대의 눈금값으로 물건의 질량을 잰다.

이와 같이 지레가 여러 힘들을 받으면서도 돌지 않고 멎어있을 때 평형을 이루고있다고 말한다.

지레의 평형조건을 실험으로 알아보자.

그림 3-11. 막대기저울로 질량 측정

실 험

○ 추의 무게 F_2을 잰 다음 지레의 한쪽에 걸고 다른 쪽에 측력계를 걸어 지레가 수평일 때 측력계의 눈금 F_1를 읽는다.(그림 3-12)

○ 지레에 작용하는 두 힘 F_2과 F_1의 크기와 준 힘의 팔 L_1과 받는 힘의 팔 L_2을 잰다.

○ 측력계를 건 자리를 옮기고 우와 같은 실험을 한다.

○ 추 하나를 더 달고 건 자리를 옮긴 다음 우와 같은 실험을 한다.

잰 값들을 아래표에 적고 힘과 팔을 곱한 값들을 비교해본다.

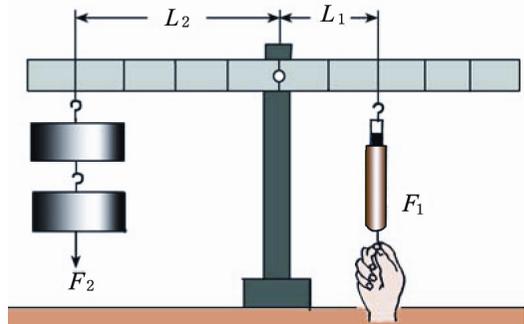



그림 3-12. 지레의 평형조건 알아보기

실험값의 실례

준 힘 F_1 [N]	준 힘의 팔 L_1 [m]	F_1L_1	받는 힘 F_2 [N]	받는 힘의 팔 L_2 [m]	F_2L_2
2	0.2	0.4	1	0.4	0.4
4	0.1	0.4	1	0.4	0.4
6	0.2	1.2	2	0.6	1.2

이 실험에서 무엇을 알수 있는가.

지레에 준 힘과 준 힘의 팔을 곱한 값은 지레가 받는 힘과 받는 힘의 팔을 곱한 값과 같다.

이것을 **지레의 평형조건** 또는 **지레의 원리**라고 부른다.

준 힘×준 힘의 팔=받는 힘×받는 힘의 팔

$$F_1L_1 = F_2L_2$$

지레의 리용

지레를 쓰면 얼마나 큰 힘을 낼수 있는가.

지레의 평형조건으로부터 지레가 전달하는 힘의 크기(짐으로부터 받는 힘의 크기)를 구하는 공식을 얻을수 있다.

$$F_2 = F_1 \frac{L_1}{L_2}$$

지레가 전달하는 힘의 크기는 준 힘의 크기 F_1와 준 힘의 팔 L_1에 비례하고 전달된 힘(받는 힘)의 팔 L_2에 거꿀비례한다. 즉 지레가 전달하는 힘은 힘의 팔이 길수록 크다.

지레는 작두, 저울, 물뽐프, 속도조절기 등 생활실천에서 널리 리용되고있다.(그림 3-13)

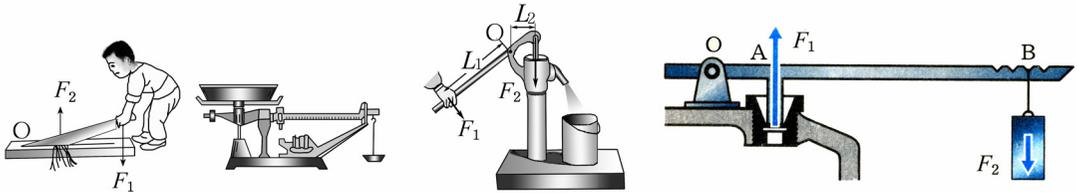



그림 3-13. 지레의 리용

사람들은 오래전부터 집을 짓거나 성을 쌓을 때 지레를 리용하였다.

[례제] 50N의 힘으로 못뽑이를 당긴다. 준 힘의 팔이 18cm이고 못에 전달된 힘의 팔이 2cm이면 못이 받는 힘은 얼마인가?

풀이. 주어진것: F_1=50N

L_1=18cm

L_2=2cm

구하는것: F_2?

$$F_2 = F_1 \frac{L_1}{L_2} = 50\text{N} \cdot \frac{18\text{cm}}{2\text{cm}} = 450\text{N}$$

답. 450N

1. 문의 손잡이는 회전축으로부터 먼곳에 단다. 왜 그런가?
2. 지레를 써서 작은 힘으로 큰 힘을 얻는 리치를 리용한 다른 실례를 5가지이상 들어보아라.
3. 그림 3-14에서 세개의 지레저울이 다 평형을 이루고있다. 어느 저울에 건 물체가 가장 가볍겠는가? 실험으로 알아보아라. 저울추는 다 같은것들이다.

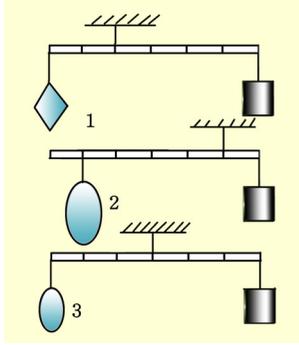



그림 3-14

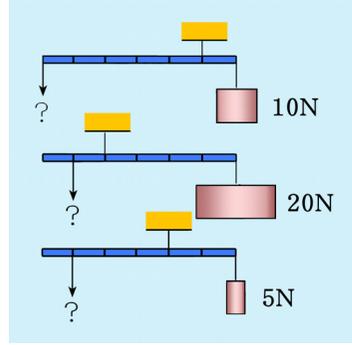



그림 3-15

4. 그림 3-15에서 몇N짜리 추를 매달아야 지레가 평형을 이루겠는가? 실험으로 알아보고 그 리치를 설명하여라.

5. 그림 3-16에서 철길의 침목에 박은 쇠못을 뽑는데 쓰는 못뽑이를 그렸다. 못뽑이의 손잡이끝에 준 힘이 200N이고 그 힘의 팔의 길이가 1.2m이며 못에 전달된 힘의 팔(받는 힘의 팔)의 길이는 6cm이다. 못에 전달된 힘의 크기를 구하여라.

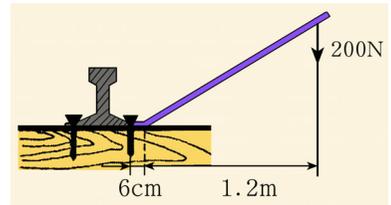



그림 3-16

《나에게 지지점만 주면…》

아르키메데스(B.C. 287-B.C. 212)는 고대그리스의 물리학자, 수학자이며 기술자였다.

아르키메데스는 지레의 원리를 밝힌 다음 그 리용분야를 넓혀나갔다.

어느날 그는 왕에게 이렇게 말하였다.《나에게 지지점만 주면 지구를 움직이겠습니다.》

그러나 왕은 지레에 대해 잘 모르고있었기때문에 그 말이 무엇을 의미하는가를 알수 없었다. 그래서 아르키메데스는 왕을 바다가로 데리고 나갔다.

마침 모래불에 아주 큰 배 한척이 놓여있었다. 그는 혼자서 굵은 바줄과 도르래, 지레를 리용하여 그 배를 손쉽게 옮겨 바다에 띄웠다. 그제서야 왕은 아르키메데스가 한 말을 조금이나마 리해할수 있었고 그의 지혜에 탄복하였다.

지지점만 있으면 지구를 들겠다고 한 그의 말은 지금까지도 명언으로 전해오고 있다.

제3절. 도 르 래

그림 3-17. 도르래

짐을 들어올리는 작업에는 도르래들이 리용된다.

그림 3-17과 같이 그 둘레에 있는 홈에 걸쳐놓은 줄이나 사슬에 의하여 틀에 고정된 축둘레로 돌아갈수 있는 바퀴가 도르래이다. 여기에 리용된 도르래에는 축이 고정된것과 축이 짐과 함께 움직이는 도르래가 있다.

고정도르래

축이 이동하지 않는 도르래를 **고정도르래**라고 부른다.

짐을 들어올리는데서 고정도르래는 어떤 작용을 하는가.

○ 그림 3-18의 ㄱ와 같이 고정도르래에 줄을 걸고 끝에 짐을 매단 다음 줄의 다른 끝을 아래로도 당기고 또 옆으로도 당긴다. 이때 짐은 곧추 우로 올라간다. 이처럼 고정도르래를 쓰면 짐을 당기는 힘의 방향을 마음대로 바꿀수 있다.

○ 그림 3-18의 ㄴ와 같이 고정도르래로 짐을 들어올릴 때 드는 힘의 크기를 알아보기 위하여 측력계로 추의 무게를 알아본다. 추를 고정도르래를 걸쳐 각이한 방향으로 측력계를 당기면서 눈금값을 알아본다. 눈금값은 측력계로 추의 무게를 달았을 때와 늘 같다.

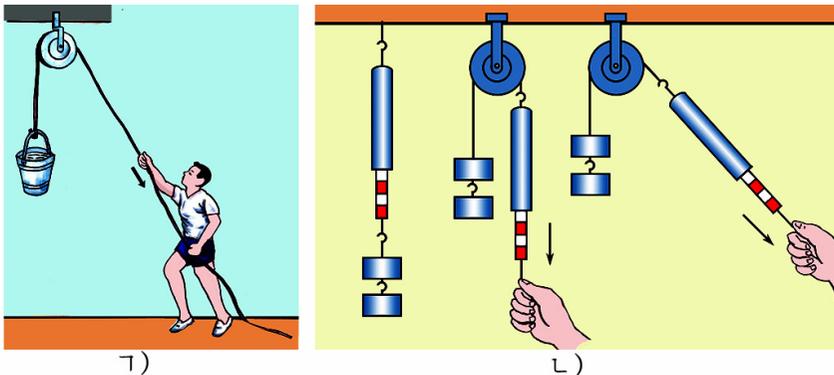



그림 3-18. 고정도르래로 짐을 들 때 힘의 방향을 바꿀수 있다

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

고정도르래를 쓰면 짐을 들어올리는 힘의 방향을 편리하게 바꿀수 있고 짐의 무게만 한 힘으로 짐을 들어올릴수 있다.

이동도르래

축이 짐과 함께 이동하는 도르래를 **이동도르래**라고 부른다.

짐을 들어올리는데서 이동도르래는 어떤 작용을 하는가.

실험

○ 그림 3-19의 ㄱ와 같이 측력계로 추의 무게를 달아본다.

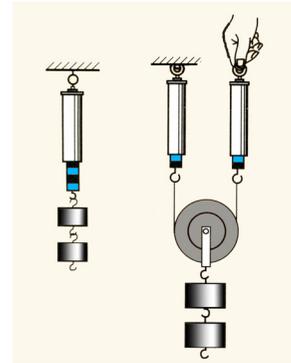
○ 그림 3-19의 ㄴ와 같이 이 추를 이동도르래에 건 다음 줄의 한끝을 고정된 측력계에 걸고 다른 끝은 손에 든 측력계에 건다. 이때 두 측력계의 눈금은 각각 추의 무게의 절반을 가리킨다.

ㄱ) ㄴ)

그림 3-19. 이동도르래로 짐을 들 때 힘의 크기를 알아보는 실험

이 실험에서 무엇을 알수 있는가.

이동도르래를 쓰면 짐무게의 절반만 한 힘으로 짐을 들어올릴수 있으나 힘의 방향은 바꿀수 없다.

이동도르래로 짐을 들어올릴 때 짐의 무게가 두 줄에 꼭같이 나누어져 작용하기때문에 두 줄에 걸린 힘의 합은 추의 무게와 같다.

겹도르래

도르래를 실지 사용할 때에는 힘에서 리득을 보아야 할뿐아니라 사용하기에도 편리해야 한다.

그러므로 흔히 고정도르래와 이동도르래를 묶어서 쓴다.(그림 3-20)

고정도르래와 이동도르래가 겹친 도르래를 **겹도르래**라고 부른다.

그림 3-20. 겹도르래

짐을 들어올리는데서 겹도르래를 리용하면 어떻게 좋은가.

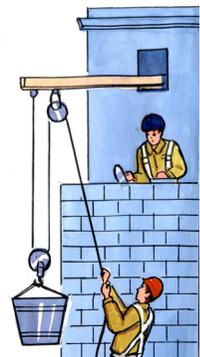



그림 3-21과 같은 겹도르래를 가지고 짐을 들어올리는 경우에 얼마만한 힘으로 짐을 들어올릴수 있는가를 알아보자.

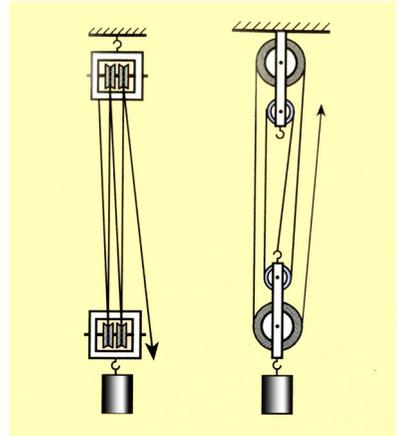
줄의 한끝을 틀에 고정시킨 다음 줄을 이동도르래와 고정도르래에 차례로 걸고 다른 끝을 측력계로 당긴다.

그림 3-21. 4개의 도르래로 구성된 겹도르래

이때 짐에 4개의 줄이 걸리면 측력계가 가리킨 값은 짐무게의 1/4을, 5개의 줄이 걸리면 짐무게의 1/5을 가리킨다.

이로부터 무엇을 알수 있는가.

겹도르래에서는 n개의 줄에 짐무게가 골고루 걸리므로 짐무게의 $1/n$만 한 힘으로 짐을 들어올릴수 있다는것을 알수 있다.

<u>겹도르래에서는 n개의 바줄에 짐의 무게가 골고루 걸리므로 짐무게의 $1/n$만 한 힘으로 짐을 들어올릴수 있다.</u>

지금까지 도르래와 축사이의 마찰, 도르래와 바줄의 무게가 없다고 보았으므로 실지로 짐을 들어올리는 힘은 앞에서 말한 힘보다 커야 한다.

자료 정다산(정약용)이 제작한 기중기

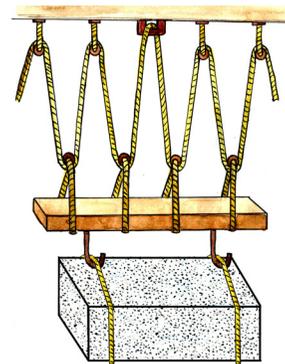
정다산은 1792년에 경기도에서 수원성을 쌓을 때 도르래를 리용한 기중기를 만들어 사용하였다.

이 기중기에는 량쪽에 15명씩 서서 당기게 되여있는데 2 000관(약 7t)까지의 짐을 들어올릴수 있었다. 이것은 한 사람이 400근(약 240kg)의 짐을 들어올린것으로서 사람들이 직접 들어올릴 때보다 5~6배이상의 일능률을 낼수 있었다.

그림 3-22. 정다산이 1792년에 만든 기중기

정다산이 발명한 이 기중기는 비록 전기동력을 쓰는 지금의 현대적기중기에는 비할바가 못되지만 그 원리와 과학적타당성은 오늘에 와서도 리용되고있다.

이처럼 우리 선조들은 오래전부터 기중기를 창조한 슬기롭고 지혜로운 인민이다.

문 제

1. 고정도르래와 이동도르래에서 좋은 점은 무엇인가? 겹도르래를 쓰면 왜 좋은가?
2. 그림 3-23에서 줄을 당기는 힘은 얼마인가?
3. 고정도르래와 이동도르래에서 지레의 원리를 따져보고 왜 이동도르래는 힘에서 2배의 리득을 보는 지레라고 말할수 있는가를 설명하여라.(그림 3-24)

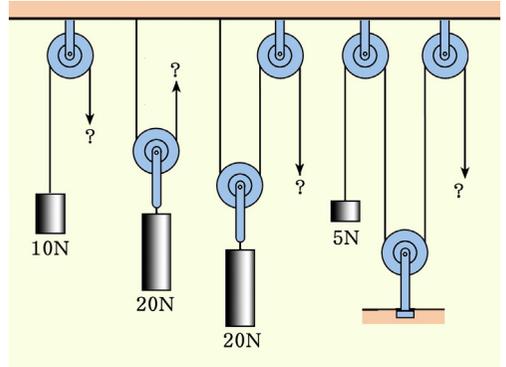



그림 3-23

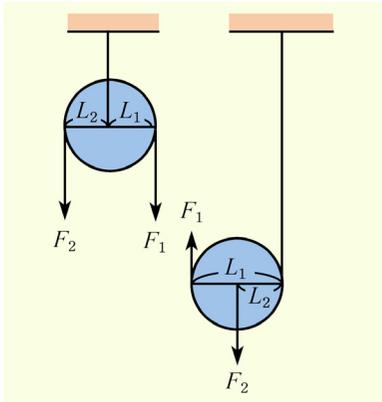



그림 3-24

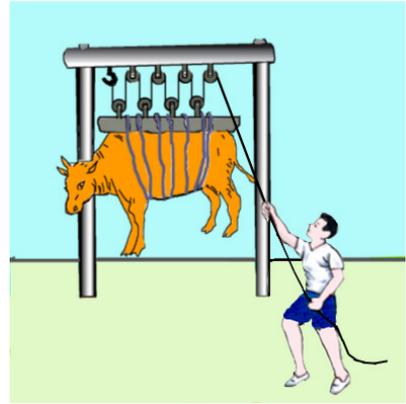



그림 3-25

4. 그림 3-25에서 한 사람이 질량이 500kg인 소를 들어올리는 힘은 얼마인가를 구하여라.
5. 이동도르래에 짐을 싣고 4m의 높이까지 들어올렸다. 줄을 당기는 힘이 100N이라면 짐을 올리는데 한 일은 얼마인가?

제 4 절. 일전달의 원리

일전달의 원리

지레나 도르래와 같은 기구들을 쓰면 작은 힘으로도 일을 헐하고 편리하게 할수 있다.

❓ 지레나 도르래를 리용할 때 힘에서 리득을 본다고 하여 일에서도 리득을 볼수 있는가.

실험

○ 무게가 $P=1\text{N}$인 분동을 높이 $h=10\text{cm}$까지 손으로 직접 들어올리는 일과 이동도르래, 지레로 들어올리는 일의 크기를 비교해보자.(그림 3-26)

○ 손으로 직접 분동을 10cm 들어올릴 때 수행한 일은

$$A=Ph=1\text{N}\times0.1\text{cm}=0.1\text{J}$$

○ 이동도르래로 이 분동을 10cm 들어올리는 일은 줄을 당기는 힘이 분동무게의 절반인 $F=0.5\text{N}$이고 줄을 당긴 거리가 $S=2h=20\text{cm}$이므로

$$A=FS=0.5\text{N}\times0.2\text{cm}=0.1\text{J}$$

○ 받는 힘의 팔과 준 힘의 팔의 비가 1:3인 지레로(그림 3-27) 우에서와 같이 무게가 $P=1\text{N}$인 분동을 손으로 $h=10\text{cm}$ 들어올리는 일을 지레로 할 때 지레에 주는 힘은 $F=1/3\text{N}$이고 손이 지레를 눌러 이동시키는 거리는 $S=3h=30\text{cm}$이다. 이때 지레를 써서 하는 일은

$$A=FS=\frac{1}{3}\text{N}\times0.3\text{m}=0.1\text{J}$$

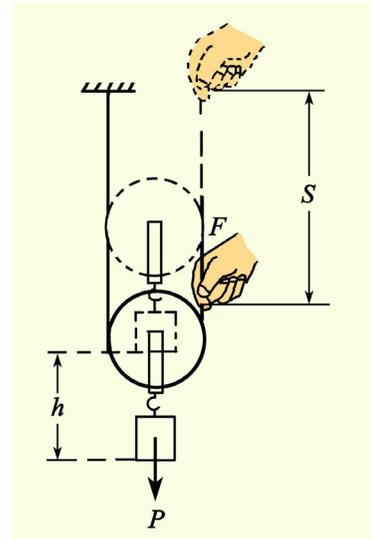



그림 3-26. 이동도르래로 하는 일

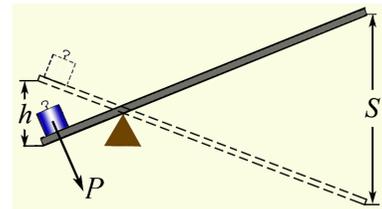



그림 3-27. 지레를 리용할 때 하는 일

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

직접 들어올리는 일과 이동도르래를 써서 한 일 그리고 지레를 써서 한 일이 같다는것을 알수 있다.

어떤 기구를 써서 한 일과 기구를 쓰지 않고 한 일은 같다. 다시말하여 어떤 기구를 쓰든지 일에서 리득을 볼수 없다. 이것을 **일전달의 원리**라고 부른다.

기구의 일효률

기계에 준 일이 그대로 다 수행되는가.

울퉁불퉁한 면우에 놓여있는 무거운 짐을 밀어옮길 때와 얼음판우에 있는 무거

운 짐을 꼭같은 거리에 밀어옮길 때 수행한 일의 크기는 같지 않다.(그림 3-28)

그림 3-28. 마찰력이 작으면 꼭같은 일을 수행할 때 작은 힘이 든다

그것은 울퉁불퉁한 면우에서 짐을 옮길 때에는 얼음판우에서 짐을 밀어옮길 때보다 마찰을 극복하는데서 더 많은 일을 소비하기때문이다.

이와 마찬가지로 기계에 준 일가운데서 일부는 마찰을 이기는데 쓸모없이 쓰이고 나머지만 전달되여 유효한 일을 하게 된다.

기계에 준 전체 일 $F_1 \cdot S_1$가운데서 유효하게 쓰인 일 $F_2 \cdot S_2$의 몫을 기계의 일효률(η)이라고 부른다.

$$\text{일효률} = \frac{\text{유효하게 쓴 일}}{\text{전체 일}} \times 100(\%)$$

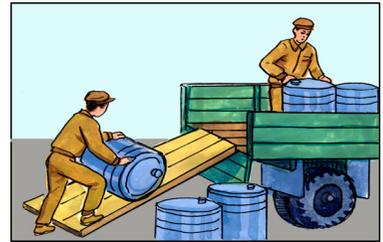
$$\eta = \frac{F_2 \cdot S_2}{F_1 \cdot S_1} \times 100(\%)$$

문 제

1. 일의 원리는 어떤 기구를 사용하든지 일에서 리득을 볼수 없다는것을 보여주고있다. 그러면 왜 기구를 만들어 사용하는가?
2. 효률이 100%인 기계가 있을수 있는가? 왜 그런가?
3. 이동도르래를 써서 질량이 50kg인 물체를 2m 높이에 들어올렸다. 줄을 당기는 힘이 250N이라면 이 힘이 수행할 일은 얼마이며 도르래의 효률은 얼마인가? 일효률이 100%로 되지 못하는 리유는 어디에 있는가?

제 5 절. 일전달원리의 리용

그림 3-29. 경사면의 리용

자동차에 무거운 도람통이나 통나무와 같은 무거운 물체를 실을 때 경사면을 리용한다.(그림 3-29)

경사면

자동차에 무거운 짐을 실을 때 왜 경사면을 리용하는가.

실 험

○ 그림 3-30에서 높이 h와 경사면의 길이 S를 자로 잰다.

○ 측력계로 밀차의 무게 P를 달아본다.

○ 밀차를 경사면우에 놓고 측력계로 걸어 등속으로 끌면서 끄는 힘 F의 크기를 잰다.

○ 경사면을 따라 밀차를 끄는 일 $A_1 = FS$와 직접 들어올리는 일 $A_2 = Ph$를 계산한다.

○ 경사각(h/S)을 달리하고 우와 같은 실험을 반복한다.

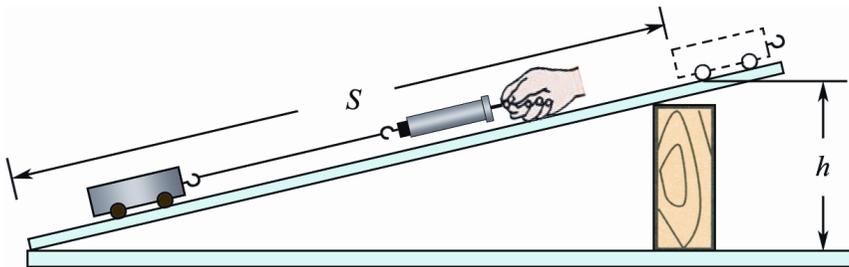



그림 3-30. 경사면을 따라 밀차를 끌어올리는 힘과 일

실험한 실례자료를 보면 다음과 같다.

경사면을 쓸 때			직접 들어올릴 때		
F [N]	S [m]	$A_1 = FS$	P [N]	h [m]	$A_2 = Ph$
1.0	0.3	0.3	1.5	0.2	0.3
0.5	0.6	0.3	1.5	0.2	0.3
0.3	1.0	0.3	1.5	0.2	0.3

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

경사각이 작을수록(경사면의 길이가 길수록) 물체를 끌어올리는 힘은 작지만 물체를 경사면을 따라 이동시키는데 수행한 일은 경사각에 관계없이 같다.

실험에서 얻은 이 결과를 정량적으로 따져보자.

일전달의 원리에 의하면 마찰을 무시할수 있을 때 경사면을 따라 물체를 등속으로 밀어올리면서 하는 일 FS는 경사면을 리용하지 않고 물체를 직접 손으로 들어올리면서 하는 일 Ph와 같다. 즉 $FS = Ph$이다.

그러므로 경사면을 따라 짐을 밀어올릴 때 중력을 이기는 힘의 크기는 다음과 같다.

$$\text{경사면으로 밀어올리는 힘} = \frac{\text{중력} \times \text{경사면의 높이}}{\text{경사면의 길이}}$$

$$F = \frac{P \cdot h}{S}$$

경사각이 작을수록 경사면의 길이가 커지므로 경사면으로 밀어올리는 힘 F는 작아진다.

경사면을 써서 무거운 물체를 일정한 높이로 밀어올릴 때 경사면을 길게 할수록 작은 힘으로 큰 힘을 이겨낼수 있다.

자동차는 경사가 급한 산을 오를 때는 경사각이 작은 길을 따라 구불구불 에돌아오른다.(그림 3-31) 그것은 자동차가 작은 힘으로 산을 쉽게 오르기 위해서이다.

그림 3-31. 경 사 길

권 양 기

일전달의 원리는 줄을 감았다풀었다하면서 무거운 짐을 들어올리거나 내리는 권양기에서도 리용된다.

그림 3-32에서와 같이 직경이 서로 다른 두 원통이 하나의 축에 고정된 수동권양기로 물통을 끌어올리는 경우를 보자.

권양기의 두 원통이 한바퀴 돌 때 손으로 줄을 당기는 힘 F_1이 하는 일 $F_1 \cdot 2\pi R_1$과 물통을 끌어올리는 일 $F_2 \cdot 2\pi R_2$은 마찰을 무시하면 일전달의 원리에 따라 크기가 꼭같다. 즉

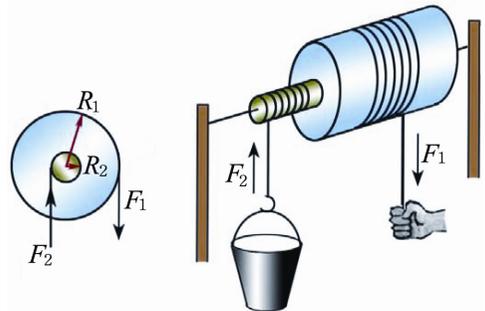



그림 3-32. 권 양 기

$$F_1 \cdot 2\pi R_1 = F_2 \cdot 2\pi R_2$$

이로부터 줄을 당기는 힘 F_1을 구하면

$$F_1 = \frac{R_2}{R_1} \cdot F_2$$

권양기에서 큰 원통의 반경이 클수록 작은 힘으로 무거운 짐을 끌어올릴수 있다. 이것이 권양기로 일을 쉽게 할수 있는 리치이다.

쟈 끼

경사면을 길게 할수록 밀차를 밀어올리는 힘이 작아지는 리치는 자동차의 바퀴를 떠올리는 쟈끼에서도 리용되고있다.(그림 3-33)

손으로 쟈끼의 손잡이를 돌리면 쟈끼가 차축을 들어올린다.

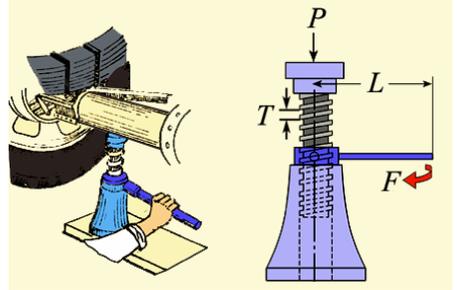



그림 3-33. 쟈 끼

쟈끼를 사용할 때 힘에서 얼마만한 리득을 볼수 있는가.

이것은 일전달의 원리에 의해서 계산할수 있다.

그림 3-33에서 T는 나사의 걸음이고 P는 쟈끼에 작용하는 물체의 무게(차축이 쟈끼에 작용하는 힘)이며 L은 손잡이의 끝으로부터 쟈끼축의 중심선(나사축의 중심선)까지의 거리이며 F는 손잡이의 끝에 작용하는 힘이다.

손잡이를 한바퀴 돌릴 때 나사가 한바퀴 돌며 이때 손잡이에 작용한 힘 F가 수행한 일은 $F \cdot 2\pi L$이며 나사가 한바퀴 돌 때 물체가 들리는 높이(차축이 들리는 높이)는 나사의 한걸음이다.

그러므로 나사가 한바퀴 돌 때 물체에 대하여 한 일은 PT이다.

일전달의 원리에 의하면 $F \cdot 2\pi L = PT$이다. 따라서

$$F = \frac{PT}{2\pi L}$$

일반적으로 나사의 한걸음 T에 비하여 손잡이로부터 쟈끼축의 중심선까지의 거리 L가 크므로 나사의 한걸음 T는 $2\pi L$보다 매우 작다. 그러므로 손잡이에 작은 힘을 작용하여도 매우 무거운 자동차의 축도 떠올릴수 있다.

이 원리는 수문을 여닫는 장치에서도 리용되며(그림 3-34) 베아링뽑개에서도 리용한다.(그림 3-35)

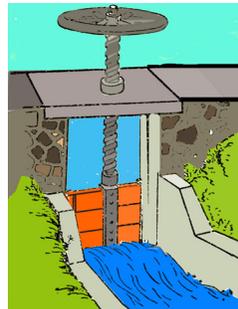



그림 3-34. 수문을 여닫는 장치

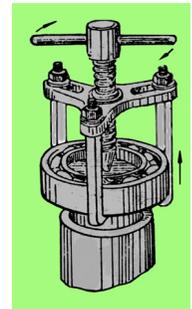



그림 3-35. 베아링을 뽑는 기구

문 제

1. 경사면을 따라 물체를 끌어올릴 때 끄는 힘은 무엇에 관계되는가를 실험을 통하여 알아보아라. 그리고 그 리치를 설명하여라.
2. 경사면을 따라 물체를 끌어올리였을 때와 수직으로 들어올릴 때 수행한 일이 같다는 것을 어떤 실험적사실로 알수 있으며 그 까닭을 설명하여라.
3. 무게가 4 000N인 자동차가 8km의 경사길을 따라 높이가 500m인 령마루에 올랐다. 이때 자동차가 끄는 힘은 얼마나 되는가? 자동차가 끄는 힘이 한 일은 얼마인가?

제6절. 일 능 률

자동차는 사람의 힘으로 수십일 걸려야 할 운반작업을 몇h동안에 하며 뜨락또르는 소가 하루종일 해야 할 작업을 얼마 안되는 동안에 해치운다.(그림 3-36)

자동차나 뜨락또르 등 여러가지 기계들이 일을 얼마나 빨리 하는가를 무엇으로 나타내겠는가.

그림 3-36. 능률높은 뜨락또르

일능률과 그의 크기

농촌에서 큰 물길을 팔 때 대형굴착기가 흙을 한번 파내는것을 사람은 삽으로 수백번 파야 한다. 여기서 일한 량은 같지만 기계로 일하면 사람이 일하는것보다 더 빨리 할수 있다.(그림 3-37)

그림 3-37. 능률높은 굴착기

? 일을 빨리 한다는것은 무엇을 의미하며 어떻게 표현할수 있는가.

다음의 실례를 통하여 알아보자.

한 기계는 40s동안에 200kJ의 일을 하였고 다른 기계는 20s동안에 150kJ의 일을 하였다. 어느 기계가 일을 더 빨리 하였는가.

첫째 기계는 둘째 기계보다 긴 시간동안에 많은 일을 하였고 둘째 기계가 한 일은 첫째 기계가 한 일보다 적지만 짧은 시간동안에 하였으므로 일의 크기나 시간만 따져서는 어느쪽이 일을 더 빨리 하였는지 알아보기 힘들다.

매개 기계가 한 일의 크기를 일한 시간으로 나누어보자.

$$\text{첫째 기계} \quad \frac{200\ 000\text{J}}{40\text{s}} = 5\ 000\text{J/s}$$

$$\text{둘째 기계} \quad \frac{150\ 000\text{J}}{20\text{s}} = 7\ 500\text{J/s}$$

이 값들은 매 기계가 같은 1s동안에 얼마만한 일을 하였는가를 보여주는것으로서 둘째 기계가 첫째 기계보다 1.5배나 일을 더 빨리 하였다는것을 보여준다.

그러므로 일을 얼마나 빨리 하였는가를 알자면 단위시간 즉 1s동안에 한 일을 알면 된다.

단위시간동안에 한 일과 같은 량을 **일능률**이라고 부른다.

$$일능률 = \frac{일}{시간}$$

$$N = \frac{A}{t}$$

일능률은 일의 크기를 일한 시간으로 나누어 계산하며 일을 얼마나 빨리 하는가를 보여준다.

일능률의 단위

일능률의 단위는 1W(**와트**)이다. 1W는 1s동안에 1J의 일을 할 때의 일능률을 의미한다.

$$1\text{W} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}} = 1\text{J/s}$$

따라서 일의 단위로 1J=1W·s를 쓸수 있다.

1W는 크지 않은 일능률의 단위이다. 그러므로 큰 기계의 일능률은 1W의 1 000배와 같은 1kW(키로와트)를 단위로 쓴다.

$$1\text{kW} = 1\ 000\text{W}, \qquad 1\text{MW} = 1\ 000\ 000\text{W} = 10^6\text{W}$$

기계들마다 일능률은 일정하게 주어져있다.

《붉은기》 5148kW

《만경》 220kW

《천리마-2000》 44.1kW

《자주 64》 177kW

《승리 58 나》 55kW

《휘파람》 100kW

그림 3-38. 여러가지 기계의 일능률

일능률을 알면 어떤 시간동안에 한 일을 계산할수 있다.

$$A = Nt$$

물체가 힘 F를 받아 이동하는 속도가 v라고 하면 시간 t사이에 물체가 이동한 거리는 $S=vt$, 일은 $A=FS=Fvt$이다.

따라서 일능률은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$N = Fv$$

일능률은 일하는 힘과 일하는 속도를 곱한것과 같다.

일능률 N이 일정할 때 끄는 힘 F는 일하는 속도 v에 거꿀비례한다.

실례로 자동차가 언덕길을 오를 때는 큰 끄는 힘을 얻기 위하여 작은 속도로 달리며 평지를 달릴 때는 작은 끄는 힘을 쓰면서 빠른 속도로 달린다.

[례제] 기중기가 2min동안에 50t의 물체를 20m 높이에 들어올렸다. 이 기중기의 일능률은 얼마인가?

풀이. 주어진것: m=50t=50 000kg

h=20m, t=2min=120s

구하는것: N?

먼저 기중기가 물체를 들어올리면서 한 일 $A=FS$를 구하여야 한다. 물체를 들어올리는 힘 F는 물체의 무게 P와 같고 물체가 움직인 거리 S는 높이 h와 같다.

$$N=\frac{A}{t}=\frac{Ph}{t}=\frac{50\ 000\text{kg}\times 9.8\text{N/kg}\times 20\text{m}}{120\text{s}}=81\ 667\text{J/s}\approx 82\text{kW}$$

답. 약 82kW

뜨락또르가 승용차보다 힘이 더 센것 같고 더 큰 힘을 내여 일하는것 같은데 왜 일능률은 더 작은가?

문 제

1. 선풍기가 1h동안에 144kJ의 일을 한다면 이 선풍기의 일능률은 얼마인가?
2. 토지정리작업을 하는 불도젤이 45 000N의 힘으로 10s동안에 흙을 7m 거리에 밀어냈다. 불도젤의 일능률을 구하여라.
3. 양수기가 10s동안에 3t의 물을 10m 높이에 퍼올렸다. 양수기의 일능률을 구하여라.
4. 층계를 따라 1층에서 3층까지 걸어서 올라갈 때와 뛰여서 올라갈 때 자기의 일능률을 실험으로 구하여라. 그러자면 어떤 물리적량들을 측정해야 하며 그 값들은 얼마인가?(그림 3-39)

그림 3-39

《마력》의 유래

마력이란 말의 힘이라는 뜻인데 실지는 기계의 일능률을 평가하는 단위로 쓰인다.

마력의 단위기호는 Horse Power(말의 힘)의 첫 글자를 따서 HP로 표시한다.

마력이라는 단위는 증기기관을 비롯하여 여러가지 기계를 발명한 영국의 기계기술자이며 발명가인 와트(1736-1819)가 처음으로 쓰기 시작했다.

와트는 1765년에 개량된 증기기관을 탄광에 도입하여 갱안의 물을 퍼올리는 양수기의 동력으로 쓰게 하였다. 이때 동력으로 말을 쓰던것을 증기기관으로 바꾸면서 증기기관의 일능률을 말의 일능률과 대비하는 실험을 진행하였다.

탄광주는 기계값을 적게 치르려는 욕심으로부터 제일 힘이 센 말을 숨돌릴 사이없이 쳐몰아 양수기를 돌리게 하였다. 이 말은 1s당 약 75kg의 물을 1m 높이에 퍼올리는 일능률로 일하였는데 나중에는 죽었다고 한다. 그 일능률을 국제단위로 환산하면 1HP=735.499W로 된다. 그러나 실지 말의 일능률은 0.5HP이다.

(사람의 평균일능률은 0.05~0.1HP정도이다.)

문제. 수평팔탑식기중기에서 일전달의 원리를 알아보아라.

방향. · 기중기팔에서 지레의 원리를 알아본다.

· 기중기가 물체를 수직우로 끌어올리면서 수행한 일과 이동도르래가 물체를 수평으로 옮기는데 수행한 일의 크기는 무엇과 같은가를 따져본다.

복습문제

1. 그림 3-40에서 학생이 막대기에 짐을 걸고 가고있다. 어느 경우에 힘이 더 들겠는가? 왜 그런가?
2. 땅에 놓인 물바께쯔를 지붕까지 들어올리는데 필요한 일을 알아내려고 한다. 어떤 기구로 무엇을 재여야 하는가? 잰 값으로 일을 어떻게 알아내는가?
3. 건설장에서 탑식기중기가 10m 높이까지 짐을 끌

그림 3-40

어올렸다. 1t, 2t, 3t, 4t의 짐을 차례로 올렸을 때 한 일은 얼마인가?

(답. 98kJ, 196kJ, 294kJ, 392kJ)

4. 자동차가 2km를 달리는 사이에 12×10^6J의 일을 하였다. 끄는 힘이 얼마였겠는가?

(답. 6kN)

5. 불도젤로 땅을 정리하고있다. 15 000N의 힘으로 흙을 밀어 50m 거리에 옮겨놓았다. 이때 한 일은 얼마인가?

(답. 750kJ)

6. 기중기가 벽돌 100장을 끌어올리고있다. 매 층에 20장씩 부리면서 5층까지 올라갔다. 벽돌 한장의 무게가 25N이고 한층의 높이가 4m라면 한 일은 얼마인가? 힘-거리그라프에서는 이 일이 무엇으로 표시되는가?

(답. 30kJ)

7. 가정에서 쓰는 지레대저울의 측정한계를 2배로 늘이려 한다. 어떻게 하면 되겠는가? 실험으로 알아보아라.(기구와 재료: 지레대저울, 추, 측력계, 자, 물체)

8. 아르키메데스가 말한대로 자체로 지구를 든다면 팔들의 길이의 비는 얼마나 되겠는가? 지구의 질량은 6×10^{24}kg이고 사람의 질량은 60kg이다. 이 지레로 지구를 1cm 만큼 든다면 사람은 몇m 움직여야 하는가? 정말 지레로 지구를 들수 있는가?

(답. 1×10^{21}m)

9. 수평면우에 놓인 상자를 드는데 500N의 힘이 든다. 300N의 힘을 낼수 있는 학생이 도르래를 써서 상자를 3m 만큼 옮길수 있는가를 생각해보고 다음 물음에 실험을 해보고 대답하여보아라.

ㄱ) 어떤 도르래로 어떻게 옮길수 있는가? 그림을 그려라.

ㄴ) 줄을 얼마의 힘으로 당겨야 하는가?

ㄷ) 줄을 몇m 당겨야 하는가?

(답. 250N, 6m)

10. 증기가마의 안전변은 수증기의 압력이 커지면 열리게 되여있다. 팔의 길이 L_1와 L_2의 비가 6:1이고 추의 무게가 50N이라면 미는 힘이 얼마일 때 안전변이 열리겠는가?(그림 3-41)

(답. 300N이상)

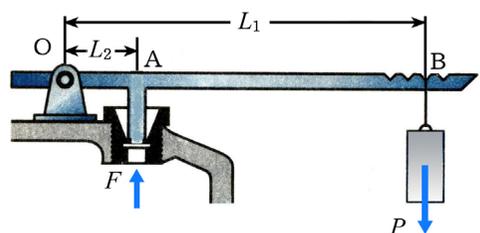



그림 3-41

11. 쟈끼에서 팔의 길이는 1m이고 나사의 한걸음은 9mm이다. 쟈끼의 효률이 40%

일 때 250N의 힘을 쓴다면 얼마의 짐을 들어올릴수 있는가?

(답. 약 70kN)

12. 그림 3-42에서 권양기의 작은 원통에 얼마의 짐을 달면 도르래들이 평형이 되겠는가? 장치의 마찰과 줄의 무게는 무시하며 도르래 한개의 무게는 P_0이다.

(답. $\frac{1}{2}(P+3P_0)$)

그림 3-42

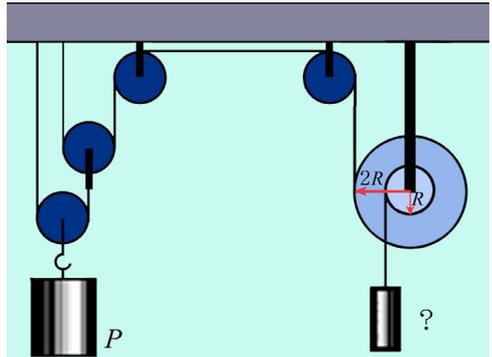
13. 길이가 16cm인 지레의 짧은 팔에 800N의 돌이 놓여있다. 긴 팔의 길이가 80cm일 때 여기에 200N의 힘을 주어야 돌을 들수 있다면 지레의 효률은 얼마인가?

(답. 80%)

14. 일능률이 60kW인 기관을 설치한 자동차가 좋은 길로 달릴 때에는 90km/h의 속도밖에 내지 못하고 같은 기관을 발동선에 설치하면 15km/h의 속도밖에 내지 못한다. 자동차나 발동선이 끄는 힘을 구하여라.

(답. 2.4×10^3N, 14.4×10^3N)

15. 전기기관차가 60km/h의 속도로 등속운동을 한다. 이때 전기기관차의 전동기의 일능률이 900kW이다. 전동기와 동력전달장치의 효률이 0.8이라면 기관차가 운동할 때 그것의 끄는 힘은 얼마인가?

(답. 4.32×10^4N)

제4장. 물질의 구조

우리 둘레에는 공기, 물, 나무, 유리, 철 등과 같은 수많은 물질들이 있다.

이러한 물질들은 그것을 이루는 구성알갱이들이 서로 다를뿐아니라 상태도 서로 다르다.

물질의 구조를 알고 그 상태변화에 대하여 잘 알아야 우리에게 필요한 여러가지 새로운 재료들을 만들어낼수 있다.

이 장에서는 물질은 무엇으로 이루어졌으며 어떤 성질을 가지고있는가에 대하여 배우게 된다.

제 1 절. 물질의 상태와 그의 변화

물질의 세 상태

물체를 이루는 각이한 종류의 물질들은 크기도 모양도 색갈도 서로 다르다.

그러면 수많은 종류의 서로 다른 물질들을 어떻게 갈라볼수 있겠는가.

물리에서는 보통 물질을 세가지 상태－고체, 액체, 기체로 나눈다. 즉 모든 물질은 대체로 고체상태 또는 액체상태 아니면 기체상태로 존재한다.

고체. 쇠덩이, 유리쪼각과 같이 일정한 모양과 체적을 가지고있는 물질은 **고체**상태에 있다고 말한다.

례를 들면 얼음은 고체상태이다. 또한 석탄도 고체상태의 연료이다.(그림 4-1)

그림 4-1. 석탄은 고체상태의 연료이다

고체상태의 물질은 일정한 모양과 체적을 가지며 저절로 크기(체적)와 모양이 변화될수 없다.

액체. 잉크, 기름과 같이 흘러서 한 그릇으로부터 다른 그릇으로 옮겨부을수 있는 물질은 **액체**상태에 있다고 말한다. 례를 들면 물은 액체상태이다.

또한 디젤유는 액체상태의 연료이다.(그림 4-2)

그림 4-2. 디젤유는 액체상태의 연료이다

액체상태의 물질은 그 모양이 담은 그릇의 모양에 따라 변하지만 체적은 변하지 않고 일정하다.

기체. 공기와 같이 닫긴 그릇에 넣어두면 그릇을 늘 채우는 물질은 **기체**상태에 있다고 말한다. 례를 들면 라이타불을 켤 때 나오는 프로판가스는 기체상태이다.(그림 4-3)

그림 4-3. 프로판가스는 기체상태의 연료이다

기체상태의 물질은 그 모양과 체적이 일정하지 않고 그것을 담는 그릇의 모양과 체적에 따라 변한다.

<u>모든 물질들을 일정한 모양과 체적을 가지는가, 못가지는가에 따라 고체, 액체, 기체로 나눈다.</u>

사탕가루는 고체상태인가 아니면 액체상태인가?

물질의 상태변화

물질은 계속 하나의 상태로만 있겠는가.

물은 온도가 낮아지면 굳어져 얼음이 되고 온도가 높아지면 수증기로 된다.(그림 4-4) 즉 액체상태의 물은 온도가 올라가면 기체상태로 되고 온도가 내려가면 고체상태로 된다.

그림 4-4. 물의 상태변화

이와 같이 물질이 한 상태로부터 다른 상태로 넘어가는 현상을 **상태변화**라고 부른다.

그러면 물에서만 상태변화가 일어나겠는가.

양초에 불을 붙이면 초가 녹으면서 초물이 흘러내리고 불을 끄면 식으면서 굳어진다.

마찬가지로 철을 가열하여 녹인 쇠물을 일정한 모양의 형타에 부어넣고 식히면 형타의 모양대로 굳어진다. 철의 이런 상태변화를 리용하여 철로 얇은 철판도 찍어내고 철선이나 철관으로 뽑기도 한다.(그림 4-5)

그림 4-5. 철의 상태변화

액체상태의 휘발유는 쉽게 기체상태로 변화되여 날아난다.(그림 4-6) 때문에 마개가 열린 휘발유통이 있는 방안에는 휘발유가스가 꽉 찬다.

그림 4-6. 휘발유의 상태변화

<u>모든 물질은 온도의 변화에 따라 상태가 달라진다.</u>(그림 4-7)

⚠ 모든 물질은 상태변화할 때 체적이 변하지만 질량은 변하지 않는다.

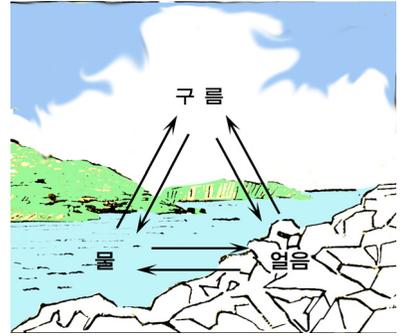
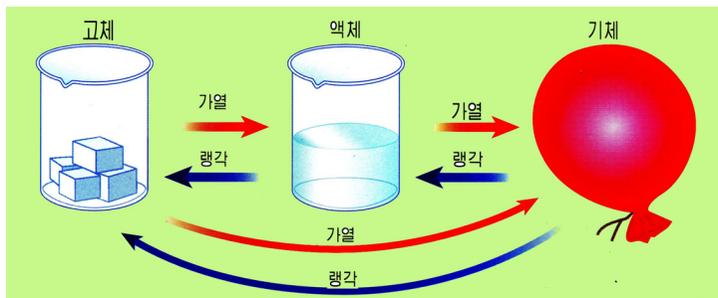



그림 4-7. 물질의 상태변화

문제

1. 고체, 액체, 기체는 무엇이 다른가? 아래의 표에서 옳으면 ○표시를, 틀리면 ×표시를 하여라.

구 분	모양이 변한다.	체적이 변한다.
고 체		
액 체		
기 체		

2. 승용차에서 고체, 액체, 기체를 찾아보아라.(그림 4-8)
3. 유리를 판모양으로도 뽑고 각종 형태의 그릇으로도 만들 수 있는것은 어떤 리치인가?(그림 4-9)

그림 4-8

그림 4-9

제 2 절. 물질은 무엇으로 이루어졌는가

물질의 구성

먼 옛날부터 사람들은 물질이 무엇으로 구성되였는가 하고 생각해왔다.

물질을 계속 쪼개여나가면 어떻게 되겠는가. 계속 쪼개여나가면 더이상 쪼갤수 없는 어떤 작은 알갱이에 이르게 되지 않겠는가.

만일 물질이 매우 작은 알갱이들로 구성되였다면 그 알갱이들사이에 틈이 있을것이다. 이것을 실험으로 알아보자.

실 험

○ 두개의 메스실린더로 각각 잰 $50cm^3$체적의 물과 알콜을 다른 메스실린더에 차례로 부어넣고 혼합한 후 전체 체적이 $100cm^3$인가를 살펴본다.(그림 4-10) 섞은 액체의 체적은 $100cm^3$보다 작다.

○ 같은 방법으로 콩과 흰쌀을 각각 $50cm^3$만큼씩 취하여 혼합하고 전체 체적이 $100cm^3$인가를 살펴본다.(그림 4-11) 콩과 흰쌀이 섞인 혼합물의 체적이 $100cm^3$보다 작다.

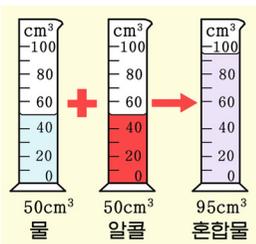



그림 4-10. 물과 알콜을 섞으면 전체 체적이 줄어든다

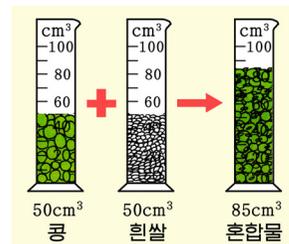



그림 4-11. 콩알과 흰쌀을 섞으면 전체 체적이 줄어든다

콩과 흰쌀이 섞인 혼합물의 체적이 각각의 체적들의 합보다 작은것은 콩알들사이의 빈 공간으로 흰쌀알들이 끼여들어갔기때문이다.(그림 4-12)

그림 4-12. 콩알들사이로 흰쌀이 끼여든 상태

실험으로부터 무엇을 알수 있는가.

물이나 알콜이 알갱이들로 이루어져있어서 그사이에 틈(간격)이 있으며 물질마다 그것을 이루는 알갱이들의 크기가 다르다는것을 알수 있다.

물질이 작은 알갱이들로 이루어져있다는것은 현대과학기술에 의하여 만들어진 주사굴현미경(STM)으로 물질을 들여다보고도 알수 있다.(그림 4-13)

그림 4-13. 주사굴현미경으로 찍은 금의 겉면사진

이와 같이 물질속에 틈이 있다는 사실로부터 물질은 작은 알갱이들로 이루어졌다는것을 알수 있다.

분 자

짠맛을 내는 소금을 잘게 부스러뜨려 가루로 만들 때 그 소금가루도 짠맛을 낸다.

마찬가지로 유리고뿌가 깨여져 쪼각들로 되면 그 쪼각들도 유리이고 또 쪼개여 가루가 되면 그 유리가루들도 유리의 성질을 그대로 가지고있다.(그림 4-14)

이처럼 물질의 성질을 그대로 가지고있는 제일 작은 알갱이를 **분자**라고 부른다. 례를 들어 물의 가장 작은 알갱이는 물분자이고 소금의 가장 작은 알갱이는 소금분자이다.

그림 4-14. 유리를 잘게 쪼개면 분자들로 나누어진다

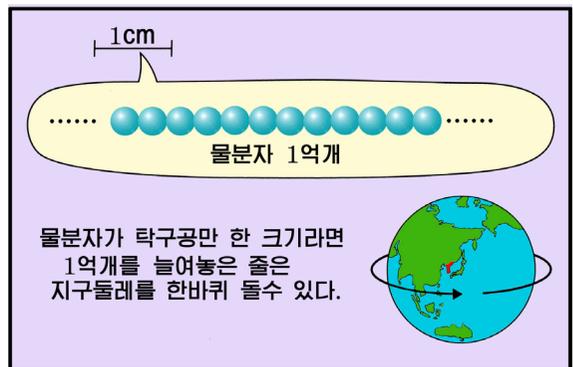
그러면 분자의 크기는 얼마나 되겠는가.(그림 4-15)

공기 $1cm^3$속에는 약 27×10^{18}개 정도의 공기분자들이 들어있다.

이로부터 분자의 크기는 대단히 작다는것을 알수 있다.

<u>분자의 크기는 물질마다 서로 다르지만 대체로 10^{-9}~10^{-10}m정도이다.</u>

그림 4-15. 물분자의 크기

실례로 물분자가 구모양을 가진다

고 생각하면 그 직경은 0.4nm이다.

분자가 이와 같이 아주 작으므로 분자는 맨눈으로도, 일반광학현미경으로도 볼수 없다.

이처럼 작은 분자를 더 쪼갤수 없겠는가.

더 쪼갤수 있다. 그러나 더 쪼개진 그 알갱이는 그 물질의 성질을 띠지 못한다.

분자를 이루는 보다 더 작은 알갱이를 **원자**라고 부른다.

분자와 마찬가지로 원자의 크기도 매우 작아서 점(·)으로 표시되는 잉크속에는 10억개이상의 원자들이 들어있다.(그림 4-16)

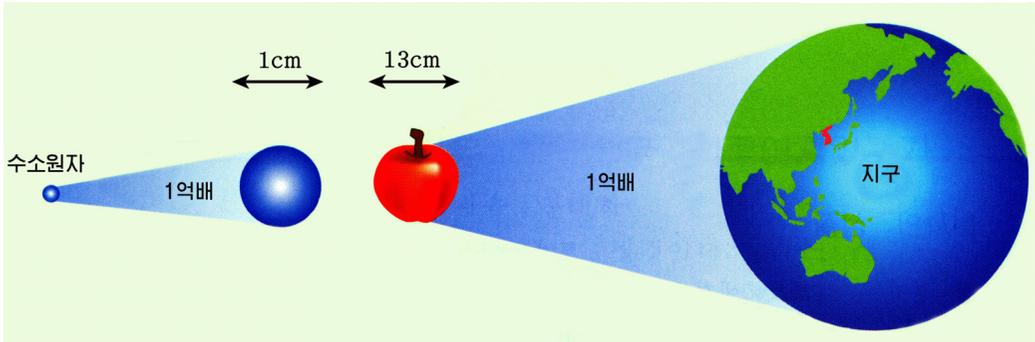



그림 4-16. 수소원자의 크기

※ 지금으로부터 2 400여년전에 고대그리스의 학자인 데모크리토스는 물체가 덩어리로 보일뿐이지 눈에 보이지 않는 작은 알갱이들로 이루어졌다고 하면서 그 작은 알갱이를 《원자》(그리스말로 atom-더 쪼갤수 없다는 뜻)라고 불렀다.

이와 같이 물질은 분자로 이루어졌으며 분자는 원자들이 모여 이루어졌다.

분자들의 모형

분자에는 한가지 종류의 원자들이 모여서 이루어진것(산소분자, 수소분자)도 있고 두가지 종류이상의 원자들이 모여서 이루어진것(물분자)도 있다.(그림 4-17)

또한 분자에는 생물체를 이루는 단백질분자와 같이 수천, 수만개이상의 원자들이 모여서 이루어진 **고분자**라고 부르는 분자도 있다.(그림 4-18)

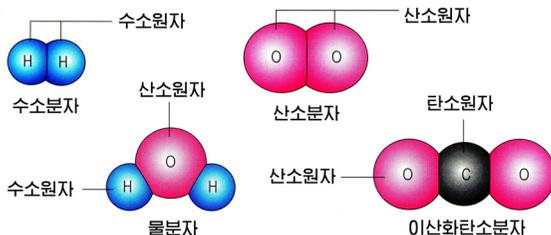



그림 4-17. 간단한 분자들의 모형

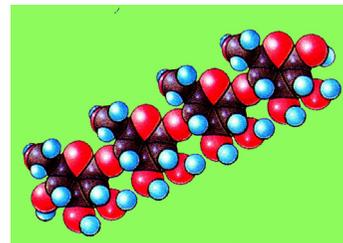



그림 4-18. 고분자모형

[례제] 분자의 직경을 대략적으로 어떻게 측정할수 있겠는가?

풀이. 기름 한방울을 물면우에 떨구어 기름이 가능한껏 얇은 층으로 펼쳐져 그 두께가 분자하나의 크기정도로 되는 기름막을 이루게 한다. 그리고 기름 한방울의 체적과 기름막의 면적을 재여 기름막의 두께를 계산하면 그것이 곧 분자를 작은 구로 생각할 때 분자의 직경으로 된다.(그림 4-19)

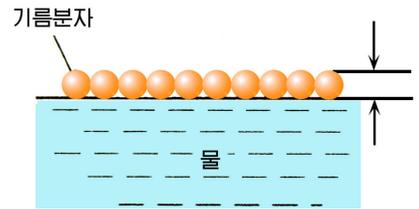



그림 4-19. 분자의 크기를 알아보는 실험

이렇게 측정된 분자직경의 범위는 10^{-10}m정도이다.

문 제

1. 물질이 알갱이로 이루어졌다는 사실을 보여주는 실례들을 2가지이상 들어보아라.
2. 보통의 분자 1억개를 머리카락처럼 길게 늘여놓으면 그 길이가 얼마나 되겠는가?
3. 분자와 원자의 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

제 3 절. 분자들은 어떻게 운동하는가

브라운운동

공기속에 떠다니는 먼지알갱이나 연기알갱이들을 자세히 살펴보면 그것이 계속 이리저리 움직이는것을 알수 있다.

1827년에 영국의 식물학자 브라운은 꽃가루들을 물에 띄워놓고 관찰하다가 놀랍게도 그것들이 이쪽저쪽으로 무질서하게 운동하는것을 보게 되였다. 혹시 꽃가루에 특별한 생명력이 있어서 운동하는것이 아니겠는가고 생각하던 그는 먹물속에 떠다니는 아주 작은 먹알갱이들도 역시 이런 신비한 운동을 한다는것을 발견하였다.

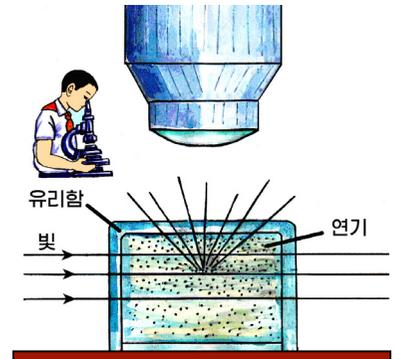



그림 4-20. 브라운운동을 관찰하는 실험

실험

○ 자그마한 맑은 그릇안에 연기를 조금 넣는다.
○ 연기알갱이들이 어떻게 운동하는가를 현미경으로 살펴본다.(그림 4-20)

같은 시간간격으로 알갱이의 자리를 찾고 이 자리들을 직선으로 이어놓으면 그림 4-21과 같은 꺾인선을 얻는다.

기체나 액체속에 있는 작은 알갱이들의 무질서한 운동을 **브라운운동**이라고 부른다.

그리고 브라운운동을 하는 꽃가루나 먹알갱이와 같은 작은 알갱이들을 **브라운알갱이**라고 부른다.

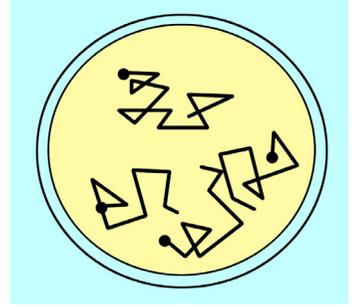



그림 4-21. 여러개의 브라운알갱이들의 운동모습

분자들의 끊임없는 무질서한 운동

브라운운동은 왜 일어나는가.

이것을 해명하기 위하여 아인슈타인을 비롯한 여러 학자들이 거듭 연구하였다.

마침내 1905년에 브라운운동은 꽃가루와 같은 브라운알갱이가 그것을 사방으로 둘러싸고있는 기체나 액체분자들과 쉬임없이 부딪치는 과정에 일어난다는것이 해명되였다.

분자들은 무질서한 운동을 끊임없이 하면서 브라운알갱이에 각이한 방향으로 부딪치면서 서로 다른 크기의 힘을 준다. 그리고 어떤 순간에 브라운알갱이에 사방으로 부딪치는 분자수도 서로 다르다.

결과 브라운알갱이는 수없이 많은 분자들이 작용하는 무질서한 힘을 받아 어떤 순간에는 이쪽으로, 다음 순간에는 저쪽으로 밀리우면서 브라운운동을 한다.(그림 4-22)

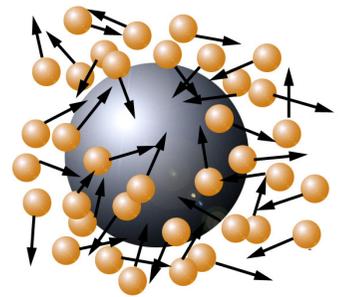



그림 4-22. 브라운알갱이가 움직이는 리치

브라운알갱이의 크기

브라운운동을 하는 알갱이는 그 크기가 우리 눈에 보이지 않는 분자보다는 훨씬 커서 맨눈으로도 볼수 있지만 수μm정도로 작다.

만일 알갱이의 크기가 지내 크면 충돌하는 분자수가 대단히 많아서 평균적으로 사방에서 같은 크기의 힘을 주게 된다. 우연한 기회에 한쪽 방향으로 분자들이 더 많이 부딪칠수 있지만 큰 알갱이는 질량도 크므로 관성이 커서 거의 움직이지 못한다.

그러나 브라운알갱이의 크기가 작으면 그것을 둘러싼 분자수가 작아서 알갱이의 량쪽에서 충돌하는 분자수의 차이가 생기므로 어느 한쪽으로 힘을 받는다. 따라서 브라운운동은 더잘 일어난다.

브라운운동을 통하여 물질을 이루고있는 분자들은 끊임없이 무질서한 운동을 한다는것을 알아냈다.(그림 4-23)

ㄱ)

ㄴ)

ㄷ)

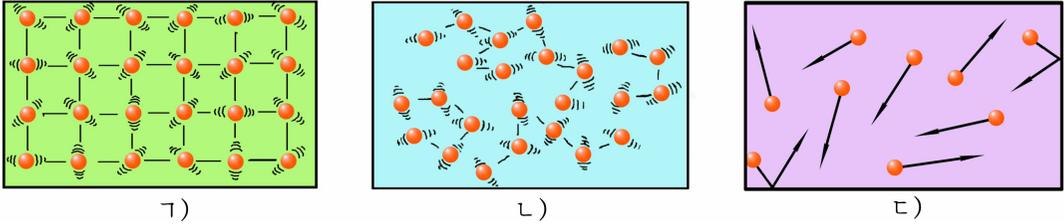



그림 4-23. 고체, 액체, 기체속에서 분자들은 무질서한 운동을 하고있다

열 운 동

❓ 브라운운동은 온도에 관계되겠는가.

브라운운동을 관찰해보면 온도를 높일수록 브라운알갱이의 운동이 더 활발해진다는것을 알수 있다. 왜 그렇겠는가.

그것은 온도를 높일수록 브라운알갱이를 둘러싼 분자들의 무질서한 운동이 보다 맹렬해지기때문이다.

이처럼 온도에 관계되는 분자들의 무질서한 운동을 **열운동**이라고 부른다.

분자들의 열운동의 결과로 브라운운동은 온도를 높여주면 더 활발히 일어난다.

분자들의 열운동이 얼마나 세차게 일어나는가 하는 정도를 온도로 나타낸다.

분자들의 열운동은 모든 물질에서 다 일어난다.

문 제

1. 고요한 공기속에 떠있는 먼지가 인차 가라앉지 않는것은 무엇때문인가?
2. 브라운운동과 분자들의 열운동에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 얼음이 녹아 물이 되고 물이 끓으면 수증기로 된다. 얼음, 물, 수증기분자들의 운동이 어떻게 다르며 왜 그런가를 설명하여라.

제 4 절. 확산현상과 삼투현상

확산현상과 그 원인

방안의 화분에 향기풍기는 꽃이 피여나면 방안에는 향기로운 냄새가 퍼진다.(그림 4-24)

❓ 냄새가 나는것은 무엇때문이며 왜 냄새가 방안에 순간적으로 퍼지지 않고 서서히 퍼지는가.

그림 4-24. 냄새가 퍼진다

실 험

○ 유리고뿌에 맑은 물을 담고 여기에 만년필로 잉크 한두방울을 떨군다.(그림 4-25의 ㄱ) 맑은 물속에 잉크방울이 떨어지면 처음 떨어진 진한 잉크색의 부분과 깨끗한 물사이의 경계가 명백히 갈라져보인다.

○ 일정한 시간동안 유리고뿌를 가만히 놓아두고 무색의 깨끗한 물이 점차 어떻게 변하는가를 관찰한다.(그림 4-25의 ㄴ) 일정한 시간이 지나면 점차 경계면이 없어지고 물전체가 연한 잉크색을 띤다.

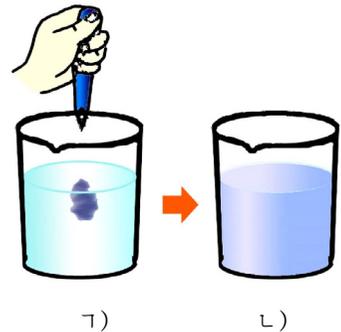



그림 4-25. 잉크가 깨끗한 물속에 퍼진다

무엇때문에 저절로 혼합되겠는가. 그것은 물분자와 잉크알갱이가 서로 자리를 교체하였기때문일것이다.(그림 4-26)

잉크알갱이들은 둘레의 물분자들과 쉬임없이 충돌하면서 자리교체를 진행하여 물분자들사이로 저절로 섞여들어간다. 그리하여 나중에는 잉크알갱이들이 물분자들사이에 골고루 퍼진다.

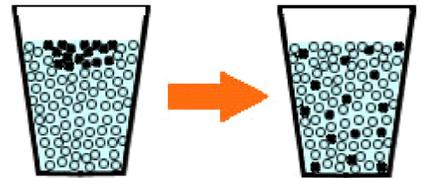



그림 4-26. 확산의 원인

따라서 처음에는 잉크방울이 떨어진 부분의 잉크밀도(단위체적안에 들어있는 잉크알갱이들의 수)가 다른 부분보다 더 크지만 나중에는 어느 부분에서나 밀도가 같아진다.

이와 같이 두 물질이 저절로 섞여지면서 밀도가 고르롭게 되여가는 현상을 **확산**이라고 부른다.

<u>확산은 밀도가 큰데서 작은데로 물질이 이동하면서 일어난다. 이동하는 물질의 량은 밀도차가 클수록 크다.</u>

만일 온도를 높이면 어떻게 되겠는가.

온도를 높이면 두 물질알갱이들의 무질서한 운동이 보다 활발해지므로 충돌이 더욱 세차게 일어나 확산은 더 잘 일어날것이다.

<u>확산은 분자들이 부단히 열운동하기때문에 일어나며 온도가 높을수록 더 잘 일어난다.</u>

확산은 액체속에서뿐만아니라 기체속에서도 잘 일어난다.

그림 4-27과 같이 검붉은색의 이산화질소기체를 넣은 병우에 유리판을 놓고 그우에 빈 병을 엎어서 맞대놓은 다음 유리판을 뽑는다. 그러면 확산에 의하여 이산화질소기체가 공기가 차있는 우의 병속으로 올라가 골고루 채워지면서 섞여진다.

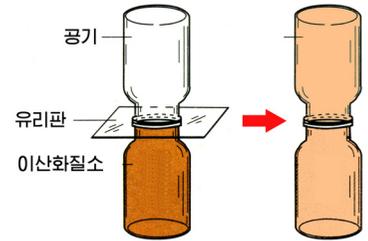



그림 4-27. 기체속에서의 확산

확산은 속도가 대단히 느리기는 하지만 고체속에서도 일어난다.

매우 정밀하게 연마한 금판과 연판을 맞붙여놓고 방안온도에서 5년동안 놓아두었다가 갈라놓으면 서로 1mm 깊이까지 침투해들어간것을 볼수 있다.(그림 4-28)

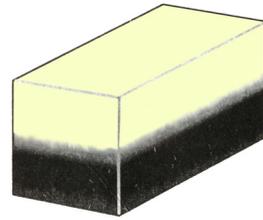



그림 4-28. 고체속에서의 확산

삼투현상과 그 원인

식물의 뿌리나 포도, 대추, 오미자와 같은것을 공기속에 놓아두면 저절로 시들면서 쪼그라드는것을 볼수 있는데 이것을 다시 물속에 넣어두면 본래의 모양대로 불어날뿐아니라 포도나 대추, 오미자 등이 본래의 맛과 큰 차이가 없는것을 볼수 있다.

이것은 포도나 대추, 오미자와 같은 열매에는 껍질이 있는데 이 껍질이 물은 통과시키지만 열매속에 있는 단맛을 비롯한 영양물질은 통과시키지 않기때문이다.

이와 같이 식물의 열매나 뿌리, 동물의 일부 기관들은 물(용매)은 통과시키지만 맛을 내는 물질은 통과시키지 않는 막을 가지고있다.

※ 고체나 기체가 액체에 풀려 골고루 섞일 때 그 섞임물을 **용액**이라고 부르고 그 액체를 **용매**, 용매에 풀린 고체나 기체를 **용질**이라고 부른다. 례를 들면 소금물용액에서 물은 용매이고 소금은 용질이다. 용액에서 용질이 차지하는 몫을 **농도**라고 부른다.

용매는 통과시키지만 용질은 통과시키지 않는 막을 **반투막**이라고 부른다.

반투막의 실례로 열매껍질이나 각종 동물의 피부와 피줄벽, 방광막을 비롯한 내장벽을 들수 있다.

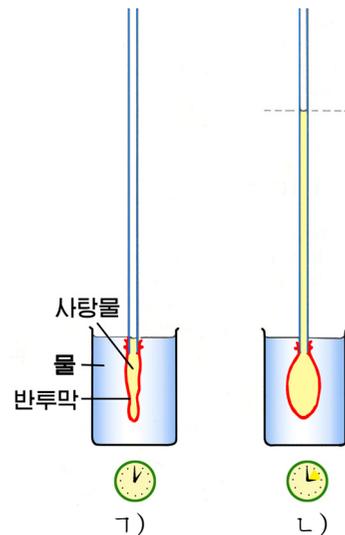



그림 4-29. 삼투현상에 대한 실험

용액속에서 반투막을 통하여 확산이 어떻게 일어나겠는가.

그림 4-29와 같이 양의 방광막(반투막)으로 밑을 꼭 막은 관을 물을 담은 그릇속에 넣고 그릇의 물높이만큼 관속에 사탕물을 부어넣는다.(그림 ㄱ) 얼마동안 시간이 지나면 관속의 사탕물면이 그릇의 물면보다 높아진다.(그림 ㄴ)

이것은 물이 반투막을 통하여 사탕물속으로 확산되여 들어갔다는것을 보여준다.

이와 같이 반투막을 통하여 농도가 낮은 용액쪽에서 농도가 높은 용액쪽으로 용매가 확산되는 현상을 **삼투**현상이라고 부른다.

삼투현상은 왜 일어나겠는가.

사탕분자들과 물분자들은 끊임없이 열운동을 하고있다.

그림 4-30에서 볼수 있는것처럼 반투막은 사탕분자들은 통과시키지 않고 물분자들만 통과시킨다. 물분자들의 밀도는 관속에서보다 그릇속에서 더 크므로 그릇속의 물분자들이 반투막을 통하여 관속으로 확산되여 들어간다.

결국 농도가 낮은 용액(물)에서 농도가 높은 용액(사탕물)쪽으로 용매(물)가 확산되여 들어간다.

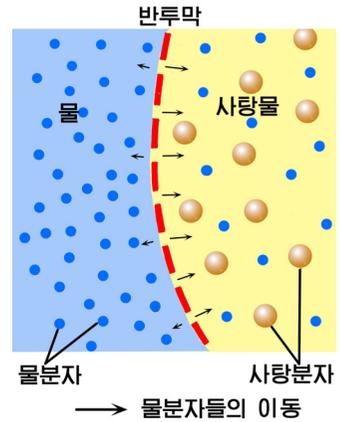



그림 4-30. 반투막은 물분자만 통과시킨다

확산현상과 삼투현상의 리용

방안에 향수를 몇방울 떨구면 온 방안에 향기그윽한 냄새가 퍼지는것은 기체속에서의 확산현상이다.

액체속에서의 확산을 리용하여 물감이나 소금, 사탕 등을 저절로 물에 풀리게 할수 있다.(그림 4-31)

고체속에서의 확산을 리용하여 철을 깎는 드릴과 같은 공구의 겉면층을 매우 굳게 가공할수 있다.

그리고 새로운 물질을 만드는 분말야금도 할수 있다. 즉 둘 또는 그 이상의 몇가지 종류의 고체를 보드랍게 가루내여 골고루 섞은 다음 반죽하여 압착하고 가열하면 여러가지 알갱이들이 서로 확산되면서 굳은 물질이 얻어진다.

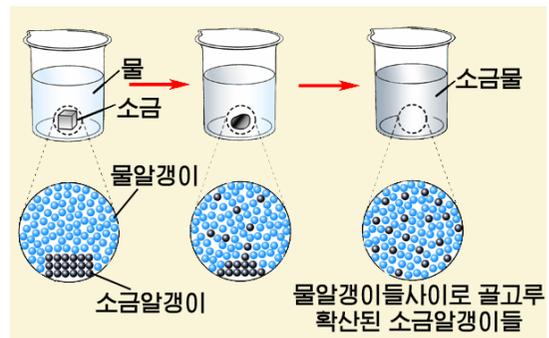



그림 4-31. 소금덩이가 물에 풀리는 과정

고체속에서의 확산은 특히 콤퓨터를 만드는데 없어서는 안될 반도체재료를 만드는데도 중요하게 리용된다.

동식물이 물을 흡수하고 내보내는것은 삼투현상과 밀접히 련관되여있다.

만일 동물들의 방광막이 삼투기능을 잃게 되면 몸안의 영양물질이 모두 몸밖으로 나오는 병에 걸리게 된다.

가정들에서 김치를 담글 때 생배추나 생무우에 소금물을 뿌려 절구어두면 그속에 들어있던 물기가 소금물속으로 스며나와 그 체적이 줄어들면서 시들시들해지는것은 삼투현상에 의한것이다.

문 제

1. 확산현상의 실례를 3가지이상 더 들어보아라.
2. 다음 문장에서 틀린 부분을 찾아내고 고쳐라.
   ㄱ) 확산은 기체의 밀도가 고르로와지는 과정이다.
   ㄴ) 확산현상에 의하여 온도가 높은 곳에서 온도가 낮은 곳으로 질량이 이동한다.
   ㄷ) 확산현상에 의하여 이동한 질량은 밀도에 비례한다.
3. 우리를 둘러싼 공기속에는 밀도가 서로 다른 산소, 질소, 탄산가스 등 기체분자들이 섞여있다. 중력의 작용으로 제일 무거운 탄산가스분자들은 땅가까이 맨 아래층에 깔려있고 그 웃층에 산소분자들이 모여있고 또 그 웃층에 질소분자들이 모여서 층을 이루고있을것이다. 이 말이 옳은가?
4. 삼투현상과 확산현상의 공통점과 차이점은 무엇인가?

제 5 절. 분자들사이에 작용하는 힘

물질은 분자들이 모여서 이루어지고 물체는 물질로 만들어진다. 그런데 이러한 물체는 분자들사이에 틈이 있지만 쉽게 쪼개지지도 않으며 쉽게 압축되지도 않는다.

이것은 무엇때문이겠는가. 그것은 물질을 이루는 분자들사이에 어떤 힘이 작용하기때문이라고 보아야 하지 않겠는가.

끌힘과 밀힘

철이나 동, 물이나 기름과 같은 물질들은 분자들이 모여서 이루어졌지만 흩어지지 않는다. 왜 그런가.

두개의 물방울은 그것들이 서로 맞닿으면 하나로 합쳐진다.

이것은 분자들이 서로 끌어당기고있기때문일것이다.

이것을 실험으로 밝혀보자.

○ 고리가 달린 원기둥모양의 두 연덩이의 끝면들을 각각 매끈하게 자르고 맞붙여놓은 다음 그림 4-32와 같이 드리우고 아래 고리에 추(50g짜리) 1개를 달아맨다. 이때 맞붙여놓은 두 연덩이는 떨어지지 않는다.

○ 같은 추 1개를 더 달아맨다. 이때에도 두 연덩이는 떨어지지 않고 붙어있다.

○ 용수철끝에 유리판을 매달고 물에 잠그었다가 들어본다.(그림 4-33) 유리판이 물겉면에서 떨어지려고 할 때 용수철이 더 늘어난다.

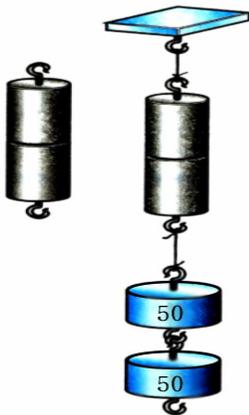



그림 4-32. 두 연덩이는 떨어지지 않는다

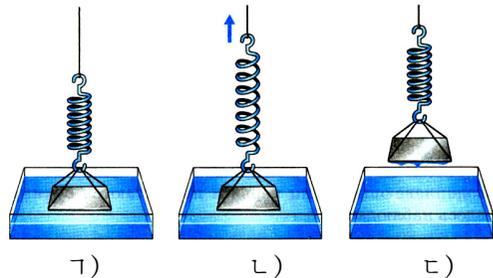



그림 4-33. 물분자들은 유리를 끌어당긴다

무엇때문이겠는가.

두 연덩이의 분자들이 서로 끌어당기기때문일것이다. 그리고 물분자들이 유리를 끌어당기기때문에 유리판이 물겉면에서 떨어지려고 할 때 힘을 받아 용수철이 늘어날것이다.

이로부터 분자들은 서로 끌어당긴다는것을 알수 있다.

매개 분자는 둘레의 다른 분자들을 끌어당기며 그자체가 그것들에 끌리우고있다. 이처럼 분자들사이에는 **끌힘**이 작용한다.

분자들사이에 끌힘이 작용한다는것은 우리가 막대기를 꺾거나 종이장을 찢을 때 힘을 주어야만 하는데서도 알수 있다.

분자들이 서로 끌어당긴다면 그것들은 서로 맞붙어야 할것이다. 그런데 왜 분자들사이에는 틈이 있는가.

그림 4-34. 분자들사이에는 밀힘이 작용한다

그림 4-34와 같이 주사기속에 물을 넣고 앞구멍을 막은 다음 피스톤을 누르면 체적이 잘 줄어들지 않는다.

이처럼 물체를 압축할 때 물체내부에 압축을 방해하는 튐힘이 생긴다. 이것은 물체를 이루는 분자들사이에 서로 미는 힘도 작용하기때문이다. 이처럼 분자들사이에는 **밀힘**이 작용한다.

분자들사이에 끌힘과 밀힘을 주고받는 현상을 분자들이 **호상작용**한다고 말한다.

호상작용이 미치는 거리

백묵을 센 힘으로 당기면 끊어진다. 그런데 다시 맞붙이면 붙지 않는다. 이것은 분자들사이의 끌힘은 분자들이 가까이 있을 때에만 작용한다는것을 말해준다.

깨여진 유리쪼각들을 꼭 붙여놓는다고 해도 하나로 붙지 못한다. 그것은 유리쪼각들이 고르롭지 못한것으로 하여 분자들을 끌힘이 미치는 거리로 접근시킬수 없기때문이다. 그러나 유리쪼각들을 가열하면 여러 분자들이 서로 가까와질수 있으며 이때 유리분자들은 결합될수 있다. 즉 이 경우에 유리분자들이 끌힘이 작용할수 있는 거리에 접근하게 된다.

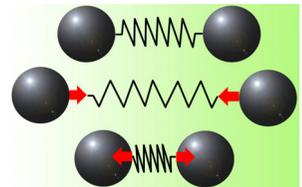
그림 4-35. 분자들사이에 호상작용이 미치는 거리

용접이나 납땜을 할 때 금속쪼각들을 련결하는것도 온도를 높여 분자들사이의 거리를 작게 할 때 분자들사이에 작용하는 끌힘을 리용한것이다.

이와 같이 분자들사이에 작용하는 끌힘은 그것들사이의 거리에 관계된다.

<u>분자들사이에는 분자 그자체의 크기와 비교되는 정도의 거리에서만 호상 끌힘이 작용한다.</u>(그림 4-35)

그림 4-36. 분자들사이에 작용하는 힘의 모형

가까이에 있는 분자들사이에 작용하는 힘은 마치도 용수철로 이어놓은 강철구들사이에 주고받는 힘과 비슷하다.(그림 4-36) 즉 분자들은 용수철로 이어놓은것처럼 분자들사이의 거리가 멀어지면 끌어당기고 가까와지면 민다.

물이 적시는 경우와 적시지 못하는 경우

물은 유리를 적실뿐만아니라 가죽이나 나무 등도 적신다.

그러나 물은 초(파라핀)나 수은은 적시지 못한다. 즉 초나 수은을 물속에 넣었다가 꺼내면 젖지 않고 건조한것을 볼수 있다.

물이 적시는 경우는 물에 젖는 물질분자들과 물분자와의 끌힘이 물분자들사이의 끌힘보다 큰 경우이며 물이 적시지 못하는 경우는 물에 젖지 않는 물질분자들과 물분자와의 끌힘이 물분자들사이의 끌힘보다 작은 경우이다.

분자들사이의 호상작용은 먼데서는 끌힘으로 되고 매우 가까와지면 밀힘으로 된다.

즉 분자의 크기와 비교되는 거리에서는 끌힘이 현저히 나타나고 그 이상 가까와지면 밀힘이 생겨난다.

⚠ 분자들사이의 거리가 수nm보다 크면 그 분자들사이에 작용하는 힘은 충분히 약하므로 무시할수 있다.

물질에 따라 구별되는 호상작용의 크기

여러 종류의 물질들에서 분자들사이에 작용하는 힘의 크기는 같지 않다. 례를 들어 철선은 동선보다 더 강하다. 이것은 철원자들이 동원자들보다 더 세게 끌어당기기때문이다.

따라서 물질마다 그 굳기가 각이하게 나타난다.

앞의 실험(그림 4-33)에서 유리판을 물걸면에서 떼여낼 때 유리판에 물층이 남아있는것을 볼수 있는데 이것은 유리판이 물에 젖었다는것이다. 즉 이것은 물분자와 유리분자사이의 끌힘이 물분자들사이의 끌힘을 이겨낸것을 의미한다. 또한 이것은 유리분자들사이의 끌힘이 물분자들사이의 끌힘보다 크다는것을 의미한다.

이와 같이 물질의 종류에 따라 분자들사이에 작용하는 힘의 크기는 서로 다르다.

문 제

1. 두장의 매끈한 유리판들을 겹쳐놓으면 한장으로 되겠는가?
2. 유리판에 물에 적신 얇은 비닐박막을 펴놓고 밀착시켜놓으면 건조된 후에도 비닐박막이 유리판에 꼭 붙어 떨어지지 않는다. 왜 그런가?
3. 만년필로 유리에 글자를 쓰기가 힘들다. 무엇때문인가?

제6절. 고체, 액체, 기체의 구조

얼음과 물, 수증기는 다 같이 물분자로 이루어졌지만 그 성질은 서로 다르다.(그림 4-37) 다시말하여 물질의 조성은 같아도 그 물질이 고체상태인가, 액체상태인가, 기체상태인가에 따라 구조가 다르므로 그 성질이 서로 다르다.

그림 4-37. 얼음과 물, 수증기는 다같이 물분자로 이루어졌다

고체의 구조

고체는 매우 굳어서 보통조건에서 큰 힘을 주어도 모양과 체적이 쉽게 변하지 않는다.(그림 4-38) 왜 그런가.

그림 4-38. 소금과 수정, 눈의 결모양

고체속을 주사굴현미경으로 들여다보면 고체를 이룬 분자나 원자들이 줄을 지어 질서있게 배렬되여있는것(그림 4-13)을 볼수 있다.

사진에서 볼수 있는것처럼 고체는 분자들사이의 거리가 매우 가깝다. 그것은 분자들이 모여 고체를 이룰 때 될수록이면 가장 밀집된 밴 구조를 이루어야 안정하기때문이다.(그림 4-39)

그림 4-39. 고체분자들의 밀집된 밴 구조

고체를 이루는 알갱이들은 이처럼 서로 매우 가까운 거리에서 규칙적인 자리에 줄지어 늘어서서 센 밀힘과 끌힘으로 굳게 뭉쳐있다.

즉 멀어지면 끌힘이 작용하고 가까와지면 밀힘이 작용하여 용수철로 이어진것처럼 제자리를 유지하면서 그 자리에서 떨기만 한다. 그러므로 고체상태의 물질은 잘 압축되지 않으며 흐름성도 없다.

<u>고체속에서 원자나 분자들은 질서있게 늘어서서 센 힘으로 굳게 뭉쳐 제자리에 머물러있으면서 열운동한다.</u>(그림 4-40)

그림 4-40. 고체분자의 구조

액체의 구조

액체는 체적이 거의 변하지 않지만 쉽게 흘러서 담는 그릇의 모양과 같아진다.(그림 4-41) 왜 그런가.

그림 4-41. 액체는 모양을 가지지 않는다

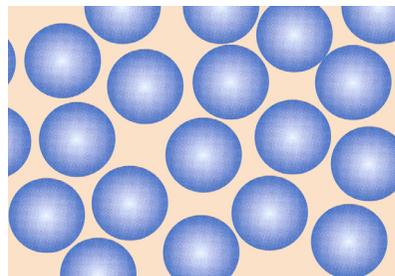
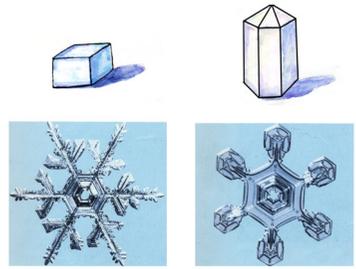
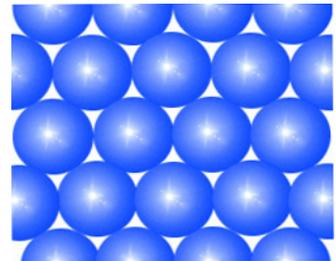
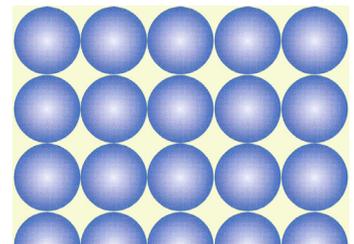



그림 4-42. 액체의 분자구조

액체를 이루는 분자들은 고체상태와 같이 밀집되여있어서 분자들사이의 거리가 매우 가깝다. 따라서 액체는 세게 눌러도 잘 압축되지 않는다.

그러나 액체상태의 분자들은 고체상태와 같이 질서있게 배렬되여있지 못하다.(그림 4-42)

또한 액체를 이루는 분자들사이에 고체보다는 끌힘과 밀힘이 약하게 작용한다. 액체상태의 분자들은 고체상태와 같이 규칙적인 자리에 굳게 머물러있지 못하고 분자들사이의 빈자리를 따라서 쉽게 이동해가서 떨기운동을 한다. 만일 온도가 높아지면 분자들의 열운동이 보다 활발해져서 쉽게 자리를 옮겨가군 한다. 그러므로 액체는 가열할 때 흐름성이 더욱더 좋아진다.

즉 액체상태의 분자들은 한곳에서 얼마동안 떨기운동을 하다가 다른 곳으로 옮겨가서 떨기운동을 하군 한다.

기체의 구조

물이 들어있는 그릇속에 빈 고뿌를 거꾸로 세우고 눌러도 물이 고뿌속에 다 들어차지 못하는것은 기체도 체적을 가진다는것을 보여준다.(그림 4-43)

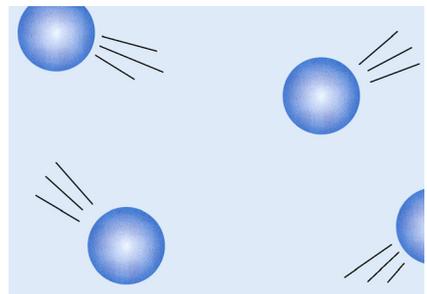
그림 4-43. 기체의 체적을 알아보는 실험

기체의 체적과 모양은 일정하지 못하고 닫긴 그릇에 넣으면 곧 퍼져 그릇속을 골고루 채운다. 왜 그런가.

기체상태의 분자들은 서로 멀리 떨어져있어서 분자들사이에 호상작용이 거의 없다.(그림 4-44)

그림 4-44. 기체의 분자구조

따라서 기체는 분자들이 성글성글하게 퍼져서 무질서하게 운동하므로 누르면 쉽게 압축된다.

기체상태의 분자들은 분자크기의 10배정도의 거리만큼 서로 떨어져서 호상작용이 거의 없으므로 완전히 자유로이 무질서한 열운동을 한다.

문 제

1. 고체, 액체, 기체의 구조와 성질을 비교하여보아라.
2. 고체와 액체는 왜 쉽게 압축할수 없는가?
3. 액체가 고체와 비슷한 점과 기체와 비슷한 점이 있는것은 무엇때문인가?

문제. 물의 세 상태인 얼음, 물, 수증기에 대하여 아는껏 설명하여보아라.

방향.
- 세 상태의 공통점과 차이점은 무엇인가?
- 어떤 조건에서 얼음이 물로, 물이 수증기로 상태변화되겠는가?
- 보통 얼음은 차다. 그러면 뜨거운 얼음은 없겠는가를 알아보아라.

복습문제

1. 고체, 액체, 기체는 무엇에 의하여 가르는가?
2. 고체가 곧바로 기체로 되는 례를 2가지이상 들어보아라.
3. 달에는 구름이 끼는 일이 없다. 왜 그런가?
4. 고무풍선에 공기를 기껏 불어넣고 아구리가 새지 않게 매놓는다. 그런데 얼마쯤 시간이 지난 후에 보면 처음보다 고무풍선이 팽팽하지 못하고 후줄근해진다. 왜 그런가?
5. 네온원자와 아르곤원자를 1억배로 크게 찍은 사진을 보고 원자의 크기를 구하여라.(그림 4-45)

(**답.** 1.5×10^{-10}m, 1.2×10^{-10}m)

그림 4-45

6. 물우에 체적이 $1mm^3$인 기름방울을 떨구었더니 그것이 퍼져 면적이 $0.6m^2$인 얇은 막이 되였다. 기름막의 두께가 분자 하나의 길이와 같다면 기름분자의 길이는 얼마인가?

(**답.** 약 2nm)

7. 괄호안에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) 액체나 (　)속에 있는 꽃가루나 연기알갱이들의 (　)운동을 (　)이라고 부른다. 브라운알갱이의 크기는 액체나 기체 (　)들의 크기보다 (　)다.

ㄴ) (　)나 기체속에 있는 브라운알갱이가 무질서하게 운동하는것은 (　)들이 (　)에 힘을 주기때문이다.

ㄷ) 물질을 이루고있는 분자들은 (　)없이 (　)하게 운동한다. 이 운동은 (　)수록 세차다. 그러므로 (　)들의 무질서한 운동을 (　)이라고 부른다.

8. 다음 글에서 잘못된 점을 찾아보아라.

ㄱ) 물질을 이루고있는 분자들은 끊임없이 무질서하게 운동한다. 이것이 브라운운동이다.

ㄴ) 확산은 분자가 브라운운동하기때문에 일어난다.

ㄷ) 1827년에 브라운은 분자를 보았다.

9. 다음의 설명에서 정확한 문장은 어느것인가?

ㄱ) 물체의 온도가 높을수록 그것을 이루는 많은 분자들의 무질서한 운동도 빨라진다.

ㄴ) 물체의 운동이 빠를수록 물체의 온도도 높다.

10. 물에 사탕이나 잉크덩어리를 풀 때 찬물보다 더운물에서 더 빨리 풀린다. 왜 그런가?

11. 금속제품의 겉면강도를 높이기 위하여 보통 금속제품겉면에 탄소원소를 침투시킨다. 이것을 침탄이라고 부른다. 침탄은 금속제품을 침탄제속에 넣고 높은 온도로 가열하는 방법으로 한다. 침탄의 원리는 무엇인가?

12. 민물고기가 바다에서, 바다물고기가 민물에서 살지 못하는 리유를 설명하여라.

13. 피를 많이 흘린 다음 물을 많이 마시면 생명이 위험하다. 왜 그런가?

14. 순수한 두 연덩이를 연마하여 꼭 붙여놓으면 한덩이로 되지만 두장의 매끈한 유리를 함께 밀착시켜놓으면 한장으로 되지 않는다. 그 원인은 무엇인가? 아래의 경우에 옳은 답은 어느것인가?

ㄱ) 유리분자들사이에 호상 끌힘이 없기때문이다.

ㄴ) 두장의 유리분자들사이의 거리가 지내 크기때문이다.

ㄷ) 연분자들의 운동이 완만하기때문이다.

ㄹ) 유리분자들의 운동이 완만하기때문이다.

15. 물은 유리를 적시지만 수은은 유리를 적시지 못한다. 무엇때문인가?

16. 축구공이나 다이야에는 왜 공기를 넣는가?

17. 기름이 묻은 천으로 책상면에 묻은 물을 깨끗이 닦을수 없다. 왜 그런가?

18. 기름을 가열하면 흐름성이 더 좋아진다. 왜 그런가?

19. 한가지 물질에 대하여 고체, 액체, 기체상태에서 어느 상태의 온도가 제일 높고 또 제일 낮겠는가?

제 5 장. 압력과 뜰힘

압력과 뜰힘에 대한 지식은 일상생활이나 기술에서 널리 리용된다.

압력과 뜰힘에 대하여 잘 알아야 배나 비행기 등 현대적인 운수수단들이 왜 그러한 모양과 구조를 가지게 되는가 하는 리치를 잘 알게 된다.

이 장에서는 압력이란 무엇이고 액체, 기체에서 압력은 어떻게 작용하며 그 크기는 무엇에 관계되는가 그리고 뜰힘이란 어떤 힘이며 배와 잠수함이 어떻게 뜨는가에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 압 력

압력과 그의 크기

푸실푸실한 눈우로 걸어가면 빠져서 걷기 힘들지만 스키를 신고 걸으면 빠지지 않고 갈수 있다.(그림 5-1)

한개의 종이고뿌우에 사람이 올라서면 쉽게 찌그러지지만 여러개의 종이고뿌우에 판대기를 놓고 올라서면 찌그러지지 않는다.(그림 5-2)

그림 5-1. 스키를 신으면 빠지지 않는다

그림 5-2. 사람은 종이고뿌우에 올라설수 있다

똑같은 힘으로 내려누르는데 왜 그 결과는 다른가.

이것을 실험으로 알아보자.

실 험

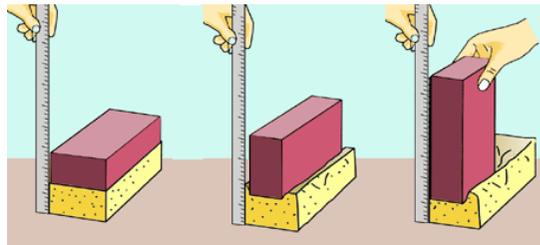
○ 면우에 벽돌을 여러 방향으로 놓아보면서 눌리는 정도를 알아본다.(그림 5-3) 바닥을 수직으로 누르는 힘이 같을 때 힘을 받는 면적이 작을수록 깊이 들어간다.

○ 면우에 벽돌을 한장 더 올려놓으면서 눌리운 정도를 알아본다.(그림 5-4) 힘을 받는 면적이 같은 조건에서 수직으로 누르는 힘이 클수록 눌리운 정도가 크다.

그림 5-3. 힘받는 면적에 따라 작용효과가 다르다

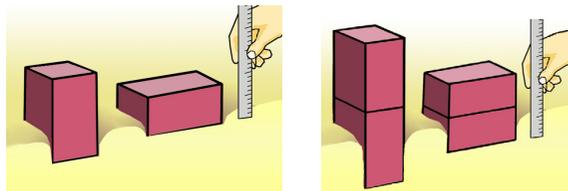



그림 5-4. 누르는 힘을 크게 할 때 작용효과가 다르다

이상의 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 내릴수 있다.

힘의 작용효과는 힘의 크기와 힘받는 면적에 관계된다.

물체를 누르는 힘의 작용효과는 힘받는 면적에 대하여 수직으로 누르는 힘의 크기에 관계된다.

단위면적을 수직으로 누르는 힘의 크기를 나타내는 물리적량을 **압력**이라고 부른다.

즉 압력은 수직으로 누르는 힘을 힘받는 면적으로 나눈 값과 같다.

압력의 크기를 식으로 표시하면

$$압력=\frac{수직으로\ 누르는\ 힘}{힘을\ 받는\ 면적}$$

$$P=\frac{F}{S}$$

스키를 신고 눈우로 걸어갈 때 빠지지 않고 쉽게 걸을수 있는것, 여러개의 종이고뿌우에 판대기를 놓고 올라서면 찌그러지지 않는것은 바로 힘을 받는 면적이 크기때문이다.

압력의 단위

여러가지 물체들이 바닥에 주는 압력의 크기를 비교하기 위하여 압력의 단위를 정하게 되는데 그것은 힘의 단위와 면적의 단위에 의하여 결정한다.

압력의 단위는 1Pa(**파스칼**)이다. 1Pa 은 1m^2의 면적을 1N 의 힘으로 수직으로 누를 때의 압력의 크기이다.

1Pa 은 작은 값이므로 실천에서는 1kPa, 1MPa 을 리용한다.

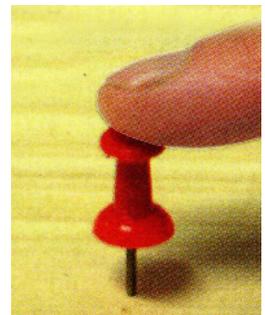
$$1kPa=1\ 000Pa=10^3\ Pa$$
$$1MPa=1\ 000kPa=10^6\ Pa$$

압력의 리용

생활과 기술에서는 압력을 크게 해야 할 때도 있고 작게 해야 할 때도 있다.

압력을 크게 하기 위하여 납작못의 끌이나 주사바늘의 끌은 가늘고도 뾰족하게 만든다.(그림 5-5)

그림 5-5. 납작못의 끌은 뾰족하다

벽체나 나무에 못을 박을 때, 손칼로 연필을 깎을 때 힘이 닿는 면적을 최대한 작게 하여야 작은 힘으로 큰 압력을 얻을수 있다. 이와 반대로 짐을 실은 대형화물차는 힘을 받는 바퀴

의 면적이 비교적 작아서 땅에 주는 압력이 크다. 이때는 바퀴의 개수를 늘여서 힘받는 면적을 크게 함으로써 차가 땅에 주는 압력을 작게 한다.

땅크나 유압식굴착기에서는 바닥을 누르는 압력을 최대로 작게 하기 위하여 바퀴대신에 무한궤도를 달아서 닿는 면적을 크게 하여준다.(그림 5-6)

그림 5-6. 땅크의 무한궤도

코끼리의 큰 몸집이 쉽게 빠지거나 넘어지지 않는것도 발바닥의 면적이 크기때문이다.(그림 5-7)

그림 5-7. 코끼리의 큰 몸을 받치고있는 발의 면적은 크다

집을 지을 때 기초를 벽체보다 넓게 하는것, 다리기둥의 밑부분을 넓게 하는것, 배낭의 멜끈을 넓게 하는것, 철길레루를 침목우에 놓는것 등은 힘받는 면적을 크게 하여 압력을 작게 하기 위한것이다.

[례제] 질량이 40kg 인 학생이 눈우로 걸어갈 때와 스키를 신고 달릴 때 눈우에 주는 압력의 크기를 계산하고 비교하여보아라. 학생의 신발바닥면적은 140cm^2이고 스키의 바닥면적은 신발바닥의 7배이다.

풀이. 주어진것: $m=40\text{kg}$

$S_1=140\text{cm}^2=0.014\text{m}^2$

$S_2=0.014\text{m}^2\times 7=0.098\ \text{m}^2$

구하는것: $P_2\ /\ P_1$?

학생의 무게

$$F=mg=40\text{kg}\times 9.8/\text{kg}=392\text{N}$$

학생이 눈우를 걸어가면서 눈에 주는 압력

$$P_1=\frac{F}{S_1}=\frac{392\text{N}}{0.014\text{m}^2}=28\ 000\,\text{Pa}=28\text{kPa}$$

학생이 스키를 신었을 때 눈에 주는 압력

$$P_2=\frac{F}{2S_2}=\frac{392\text{N}}{2\times 0.098\text{m}^2}=2\ 000\text{Pa}=2\text{kPa}$$

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{2\text{kPa}}{28\text{kPa}}=\frac{1}{14}$$

답. 스키를 신었을 때 눈에 주는 압력은 눈우로 걸어갈 때 압력의 1/14밖에 안된다.

문제

1. 압력에 대한 다음의 판단에서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝혀라.
   ㄱ) 누르는 힘이 클수록 압력도 크다.
   ㄴ) 힘받는 면적이 작을수록 압력은 크다.
   ㄷ) 압력은 누르는 힘에 비례하고 힘받는 면적에는 거꿀비례한다.
   ㄹ) 누르는 힘이 꼭같을 때 힘받는 면적이 클수록 바닥을 누르는 압력은 작다.
2. 한 변의 길이가 a 인 바른6면체모양의 물체가 그림 5-8과 같은 힘의 작용을 받는다. 물체가 받는 중력을 P, 물체에 가해주는 힘을 F 라고 할 때 $P=F$ 라면 접촉면적에 대하여 물체가 주는 압력이 최소인것은 어느 경우이고 최대인것은 어느 경우인가? 그 크기는 각각 얼마인가?

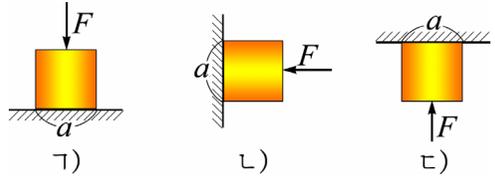



그림 5-8

3. 직경이 3mm인 철선으로 뾰족한 끝의 직경이 0.05mm인 못을 만들었다. 이 못의 뒤끝을 50N의 힘으로 때린다면 뾰족한 끝이 나무에 주는 압력은 얼마인가?
   이것은 철선을 그대로 잘라서 나무에 박을 때 압력의 몇배인가?
4. 질량이 40t인 중땅크와 12개 바퀴를 끼운 15t급중량자동차가 있다. 땅크의 한쪽 무한궤도의 면적은 $(6\times0.5)\text{m}^2$이고 자동차의 한개 바퀴의 면적은 $(0.2\times0.1)\text{m}^2$정도이라면 땅크와 자동차가 달릴 때 땅에 주는 압력은 얼마인가?

자료 — **첫 땅크의 출현**

첫 땅크는 제1차 세계대전시기 영국에서 만들었다. 땅크를 만들게 된것은 영국의 보병들이 공격에서 인명손실을 적게 내면서 적군의 포와 기관총화력, 진펄과 장애물을 극복하면서 도이췰란드의 방어구역을 돌파하기 위해서였다.

이때 두꺼운 철판으로 감싸고 포까지 실은 운수수단을 구상하였는데 그것이 너무 무거워 바퀴를 달면 빠져서 움직이지 못한다는것을 알게 되였다.

어떻게 하면 진펄과 물웅뎅이를 쉽게 지나가겠는가 하는것을 연구하던 끝에 농장에서 쓰고있던 무한궤도식뜨락또르에 포를 설치하고 12㎜의 장갑을 씌워 첫 땅크를 만들었다. 이렇게 만든 땅크는 넓은 무한궤도우에서 움직이므로 땅을 누르는 압력이 작아 모래나 진창우로도 잘 달리게 되여 전쟁에서 위력한 공격무기의 하나로 되였다.

제 2 절. 압력의 전달

책상우에 나무토막이나 쇠쪼각과 같은 물체를 놓으면 중력의 작용으로 물체는 책상면에 압력을 주게 된다.

이와 같이 고체에서는 힘을 받은 방향으로만 압력이 전달된다.

그러면 액체나 기체속에서의 압력도 고체에서와 같이 힘을 주는 방향으로만 전달되겠는가.

액체와 기체속에서 압력전달의 법칙

액체와 기체의 어느 한곳에 압력을 줄 때 그것이 어떻게 전달되는가를 다음의 실험으로 알아보자.

실험

○ 사방에 작은 구멍이 있는 공에 물을 넣은 다음 유리관의 피스톤을 밀어본다. 공의 모든 구멍들에서 물줄기들이 꼭같은 세기로 뿜어나온다.(그림 5-9의 ㄱ)

○ 우와 같은 공에 연기를 채워넣고 유리관의 피스톤을 민다. 역시 공의 모든 구멍들에서 연기가 꼭같은 세기로 뿜어나온다.(그림 5-9의 ㄴ)

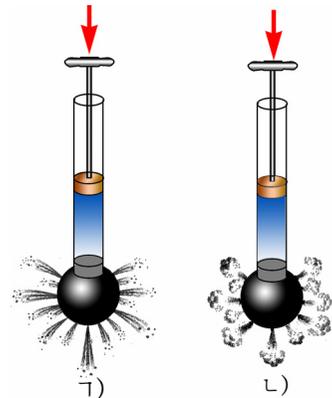



그림 5-9. 물줄기와 연기가 꼭같은 세기로 뿜어나온다

이 실험으로부터 어떤 결론을 내릴수 있는가.

액체나 기체의 어느 한곳에 가해진 압력은 모든 방향으로 꼭같은 크기로 전달된다. 이것을 **파스칼의 법칙**이라고 부른다.

액체와 기체속에서 힘과 면적사이의 관계

그러면 액체와 기체의 한곳에 준 압력이 다른쪽에 얼마만한 크기로 전달되는가를 실험으로 알아보자.

실 험

○ 자름면적이 2cm²인 가는 관과 8cm²인 굵은 관이 련결된 그릇에 물을 넣고 가는 관의 피스톤우에 2N의 추를 올려놓는다. 이때 가는 관에서 생긴 압력이 굵은 관에 전달되여 물높이차가 생긴다.

○ 굵은 관의 피스톤우에 물높이가 같아질 때까지 추를 올려놓는다. 8N의 추를 올려놓아야 두 관의 물면이 같아진다.(그림 5-10)

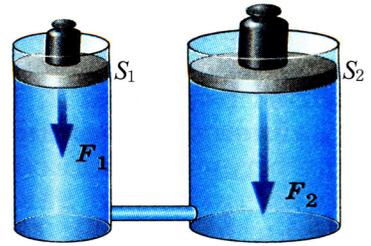



그림 5-10. 두 관에서 물높이는 꼭같다

두 관에 가해진 압력의 크기를 계산하고 비교해보자.

가는 피스톤이 액체에 준 압력

$$P_1=\frac{F_1}{S_1}=\frac{2\text{N}}{0.000\ 2\text{m}^2}=10\ 000\text{Pa}$$

굵은 피스톤이 액체에 준 압력

$$P_2=\frac{F_2}{S_2}=\frac{8\text{N}}{0.000\ 8\text{m}^2}=10\ 000\text{Pa}$$

그러므로 가는 피스톤이 액체에 주는 압력과 굵은 피스톤이 액체에 주는 압력은 같다. 즉

$$P_1=P_2 \quad \rightarrow \quad \frac{F_1}{S_1}=\frac{F_2}{S_2}$$

우의 식으로부터 액체의 한곳에 준 압력은 모든 방향으로 같은 크기로 전달되며 이때 그릇의 벽이 받는 힘의 크기는 힘받는 면적에 관계된다. 힘받는 면적이 크면 그릇의 벽과 피스톤을 누르는 힘도 크고 힘받는 면적이 작으면 힘도 작다.

문 제

1. 자동차다이야나 자전거다이야에 뽐프로 바람을 넣을 때 어디서부터 팽팽해지는가? 왜 그런가?
2. 가는 주사기와 굵은 주사기에 물을 넣고 고무관으로 이었을 때 가는 주사기통의 자름면적이 3cm²이고 거기에 작용하는 힘에 의하여 피스톤이 15cm 내려갔다. 굵은 주사기원통의 자름면적은 9cm²이다.

   ㄱ) 가는 주사기에 20N의 힘이 작용할 때 굵은 주사기의 피스톤을 올려미는 힘의 크기는 얼마로 되겠는가?

ㄴ) 이때 굵은 주사기의 피스톤은 얼마나 올라가겠는가?

3. 광산이나 탄광에서 굴을 뚫는데 쓰는 착암기는 압축된 공기의 힘에 의하여 일을 한다. 압축된 공기의 압력이 6×10^8Pa이고 이 압력에 의하여 정머리의 자름면적이 $6cm^2$인 마치가 일을 한다면 공기가 마치에 주는 힘은 얼마이겠는가?

제 3 절. 압력전달의 리용

파스칼의 법칙은 오늘 우리 생활과 생산실천에 널리 리용되고있다. 프레스는 그 안에 물을 넣는가 기름을 넣는가에 따라 수압프레스와 유압프레스로 나눈다.

수압프레스

수압프레스로는 금속이나 수지 같은것들을 큰 힘으로 눌러 여러가지 모양의 물건을 만들며 또한 기름도 짤수 있고 금속공장들에서는 기계의 축이나 기차바퀴 등 다른 많은 기계설비들을 생산한다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 기계공업이 발전한 우리 나라에서는 주체식 CNC화가 실현된 1만t프레스(그림 5-11)를 비롯한 크고작은 프레스들이 많이 생산되여 인민경제 여러 분야에서 널리 리용되고있다.

그림 5-11. 1만t프레스

오늘 과학과 기술의 발전으로 현대적인 수압프레스는 10~100MN 정도의 큰 힘을 낼수 있다. 수압프레스에서는 파스칼의 법칙을 리용하여 작은 힘으로 큰 힘을 얻는다.(그림 5-12)

수압프레스의 기본부분은 직경이 서로 다른 두개의 원통과 피스톤, 뽐프, 두 원통을 련결하는 관으로 되여있다.

자름면적이 S_1인 작은 피스톤에 힘 F_1로 $P=F_1/S_1$만 한 압력을 주면 이 압력은 파스칼의 법칙에 따라 큰 피스톤에 전달된다. 큰 피스톤의 자름면적이 S_2이면 여기에 작용하는 힘은 $F_2=PS_2=F_1S_2/S_1$이다.

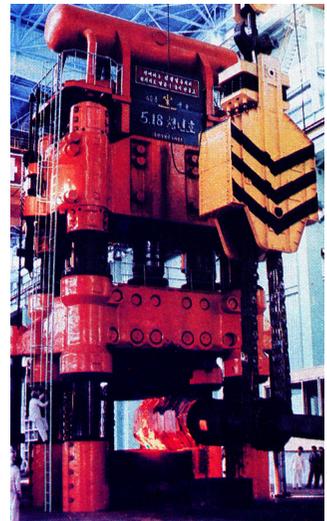
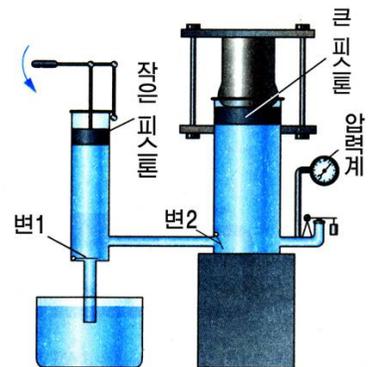



그림 5-12. 수압프레스의 원리

큰 피스톤과 닿아있는 물체는 이 힘 F_2에 의하여 압축된다. 이 힘은 작은 피스톤에 작용한 힘의 S_2/S_1배로서 큰 피스톤의 자름면적이 클수록 더 세다. 즉 피스톤의 자름면적들의 비의 배수만큼 힘이 세진다.

한편 작은 피스톤의 반복운동으로 많은 량의 물이 작은 원통으로부터 큰 원통으로 넘어간다. 작은 피스톤의 손잡이를 들어올릴 때 변 1이 열리면서 피스톤밖에 있던 물이 작은 원통으로 들어오고 손잡이를 내려누를 때 변 1은 닫기고 변 2가 열리면서 물은 큰 원통으로 흘러가서 거기에 압력을 전달하게 된다. 작은 피스톤의 손잡이를 계속 움직이면 이 과정에 굵은 원통의 피스톤이 우로 오르면서 물체를 센 힘으로 올려누른다.

유압프레스와 유압장치

오늘날 유압장치는 공작기계, 운수기계, 건설기계, 도로기계, 농기계 등 거의 모든 부분에 도입되고있다.(그림 5-13, 5-14)

그림 5-13. 유압장치를 리용한 굴착기 그림 5-14. 유압장치를 리용한 비행기

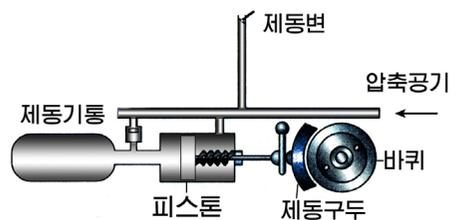
유압장치의 기본부분은 수압프레스와 마찬가지로 큰 원통, 피스톤, 큰 압력으로 기름을 공급하는 뽐프와 련결된 작은 원통으로 되여있다. 뽐프를 돌려 큰 압력으로 작은 원통에 기름을 공급하면 이것이 큰 원통속으로 들어가면서 뽐프에서 가해진 압력이 피스톤에 전달된다.

피스톤의 자름면적은 뽐프의 자름면적보다 대단히 커서 피스톤은 큰 힘을 낸다.

제동장치

기체의 압력전달도 기술에서 널리 쓰인다.(그림 5-15)

그림 5-15. 기차제동장치

보통때에는 제동기통의 피스톤을 압축공기가 량쪽에서 같은 압력으로 밀고있어서 제동구두가 바퀴를 누르지 않는다. 제동변을 열면 오른쪽 압축공기는 빠지지만 왼쪽은 변이

막혀 빠지지 못하므로 제동기통의 피스톤이 오른쪽으로 옮겨가 제동구두가 바퀴를 꽉 누른다. 제동변을 닫으면 다시 압축공기가 들어와 제동구두가 바퀴를 풀어준다.

압축공기를 리용하여 제동장치뿐아니라 착암기의 정머리를 돌리거나 뻐스나 전차, 지하전동차의 문을 열거나 닫는다.

문 제

1. 어떤 수압프레스의 크고작은 원통의 직경비가 10:1이다. 아래의 판단들중에서 정확한것은 어느것인가를 지적하고 그 근거를 밝히여라.
   ㄱ) 큰 피스톤에 작용하는 압력은 작은 피스톤에 작용하는 압력의 100배이다.
   ㄴ) 큰 피스톤에 작용하는 힘은 작은 피스톤이 누르는 힘의 100배이다.
   ㄷ) 큰 피스톤에 작용하는 압력은 작은 피스톤에 작용하는 압력의 10배이다.
   ㄹ) 큰 피스톤에 작용하는 누르는 힘은 작은 피스톤에 작용하는 힘의 10배이다.
2. 그림 5-16에 자동차의 제동장치가 그려져있다. 그것의 구조와 작용원리를 그림을 그리고 설명하여라.
3. 유압식기중기로 1.5t의 짐을 들려고 한다. 자름면적이 $1cm^2$인 기통을 120N의 힘으로 내민다면 짐을 드는 피스톤의 자름면적은 얼마이겠는가?

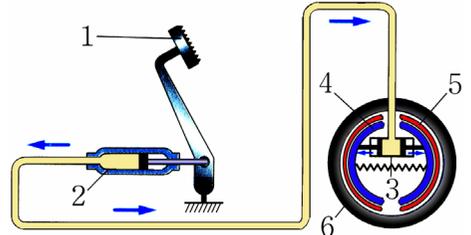



그림 5-16. 자동차제동장치

제 4 절. 액체속에서 압력

액체속에서 깊이에 따르는 압력의 크기

열벽에 구멍이 있는 그릇에 물을 넣으면 보다 깊은 곳의 구멍에서 물이 더 세게 뿜어나온다.(그림 5-17)

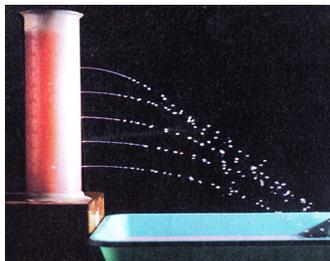



그림 5-17. 그릇의 벽이 물의 압력을 받는다

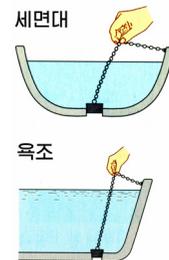



그림 5-18. 욕조의 바닥이 물의 압력을 받는다

또한 세면대나 욕조바닥에 막은 마개를 뽑을 때 물이 많이 차있을수록 큰 힘으로 잡아당겨야 한다.(그림 5-18)

이러한 사실들은 액체속에서 압력의 크기가 액체의 깊이에 관계된다는것을 보여준다. 이것을 압력계를 리용하여 실험으로 알아보자.

○ 물속에 압력계의 깔때기를 얕은 깊이에 넣고 압력계의 눈금을 본다.(그림 5-19)

○ 압력계의 깔때기를 보다 깊은 곳에 넣고 압력계의 눈금을 본다. 깊을수록 압력계의 눈금차가 커진다.

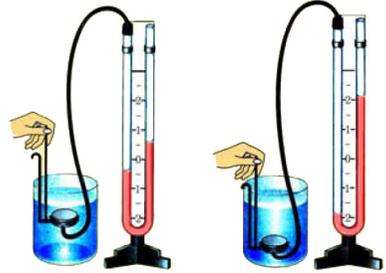



그림 5-19. 깊이에 따르는 압력의 크기변화를 알아보는 실험

이 실험으로부터 무엇을 알수 있는가.

<u>액체속에서 압력의 크기는 액체가 깊을수록 커진다.</u>

❓ 액체속에서 압력의 크기는 무엇에 관계되는가.

바닥면적이 S이고 높이가 h인 직6면체에 액체가 차있다고 하자.(그림 5-20)

바닥은 그우에 있는 액체기둥의 무게만 한 힘을 받는다.

액체의 밀도를 ρ라고 하면 이 액체기둥의 질량은 체적 $S \cdot h$에 액체의 밀도 ρ를 곱한것과 같다.

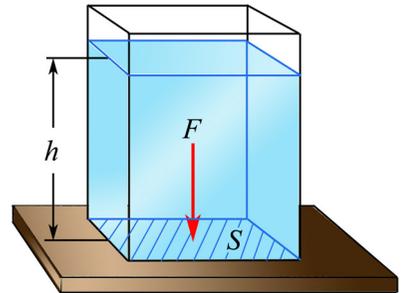



그림 5-20. 바닥이 액체기둥의 무게만 한 힘을 받는다

U자형압력계

U자형의 유리관에 액체를 넣고 고무막을 씌운 깔때기와 련결된 고무관을 왼쪽 유리관에 련결한다.(그림 5-21)

고무막이 압력을 받지 않을 때에는 U자형관의 량쪽 액면의 높이가 꼭같다. 고무막이 압력을 받으면 왼쪽 관의 액면은 내려가고 오른쪽 관의 액면은 올라간다. 고무막이 받는 압력이 클수록 두 관의 액면의 높이차도 커진다.

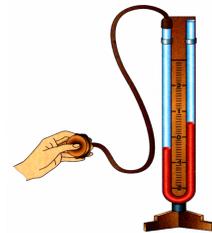



그림 5-21. U자형압력계

액체는 중력의 작용을 받으므로 그 무게는

$$F = mg = \rho Shg$$

로 표시할수 있다. 이것이 액체가 바닥면을 누르는 힘이다. 결국 그릇의 밑면이 받는 압력은

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho hg$$

이다. 즉 액체가 그릇의 바닥에 주는 압력의 크기는 다음과 같다.

$$P = \rho gh$$

액체가 그릇의 바닥에 주는 압력의 크기는 액체기둥의 높이가 클수록, 액체의 밀도가 클수록 크다.

그러면 액체압력의 크기가 액체의 깊이와 밀도에 관계되는것은 무엇때문인가.

그것은 고체와 마찬가지로 액체도 중력의 작용을 받는데 깊이가 깊어질수록 높이 h가 커지므로 그만큼 액체기둥의 무게도 커지기때문이다.

또한 액체의 밀도가 클수록 바닥면을 내리누르는 액체기둥의 무게가 커지기때문에 액체압력이 커진다.

액체속에서 방향에 따르는 압력의 크기

액체속의 같은 깊이에서 압력의 크기가 방향에 따라 어떻게 달라지겠는가.

이것을 실험으로 알아보자.

실험

○ 물그릇의 일정한 깊이에 압력계의 깔때기를 넣고 압력계의 눈금을 본다.(그림 5-22의 ㄱ)

○ 깔때기의 고무막의 방향을 량옆과 아래, 우로 바꾸어보면서 압력계의 눈금이 어떻게 달라지는가를 본다. 고무막을 임의의 방향으로 바꾸어도 압력계의 눈금이 달라지지 않는다.(그림 5-22의 ㄴ, ㄷ)

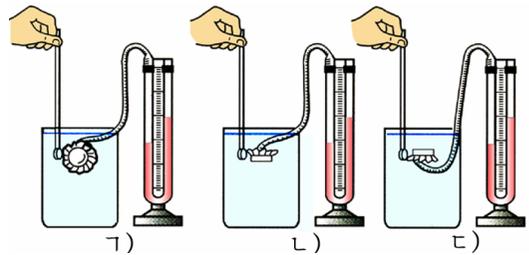



그림 5-22. 압력계의 눈금차가 일정한 상태에서 변화가 없다

이 실험으로부터 어떤 결론을 내릴수 있는가.

액체속에서 압력의 크기는 같은 깊이에서는 모든 방향으로 꼭같다.

따라서 액체가 그릇의 바닥에 주는 압력의 크기는 액체기둥의 높이와 밀도에 관계된다는것을 알수 있다.

액체속의 같은 깊이에서 압력의 크기가 모든 방향에 따라 꼭같은것은 무엇때문인가.

액체속의 같은 깊이에서 아래, 우, 량옆에서 압력의 크기가 꼭같은것은 여기에 파스칼의 법칙이 작용하기때문이다. 이에 따라 그 깊이에서 생긴 압력은 모든 방향으로 같은 크기로 고루 전달된다.

[례제] 밀도가 10^3kg/m^{3}인 물이 100m 깊이에 있는 물체에 주는 압력은 얼마인가?

풀이. 주어진것: $\rho = 10^3$ kg/m^3

$h = 100$m

$g = 9.8$N/kg

구하는것: P?

$$P = \rho \cdot g \cdot h = 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{N/kg} \times 100\text{m} = 9.8 \times 10^5 \text{ N/m}^3 \approx 10^6 \text{ Pa}$$

답. 약 1 000kPa

액체에서 압력공식 $P = \rho gh$ 와 $P = \frac{F}{S}$ 는 어떤 관계에 있으며 왜 액체의 압력을 결정할 때 $P = \frac{F}{S}$ 보다 $P = \rho gh$ 를 쓰는가?

1. 꼭같은 세개의 그릇에 물, 석유, 수은이 서로 다른 높이로 차있다. 그릇의 바닥에 주는 액체의 압력이 꼭같다면 어느 그릇에 어떤 액체가 들어있는가를 지적하여보아라. 밀도는 물 1 000kg/m^3, 석유 800kg/m^3, 수은 13 600kg/m^{3}이다.

2. 밑면적이 꼭같은 세개의 그릇에 같은 높이로 물이 들어있다. 밑줄을 그은 자리에 =, >, < 부호를 써넣어라. 그릇의 질량은 무시하고 그릇의 바닥에 주는 물의 압력은 P_A ____ P_B ___ P_C 이고 물이 그릇의 바닥을 누르는 힘 F 는 F_A ___ F_B ___ F_C 이며 물이 담긴 그릇이 책상면을 누르는 힘 F' 는 F'_A ___ F'_B ___ F'_C 이고 물그릇이 책상면에 주는 압력은 P'_A ___ P'_B ___ P'_C 이다. 그리고 액체가 바닥에 주는 힘과 중력을 화살로 표시하여라.(그림 5-23)

ㄱ) ㄴ) ㄷ)

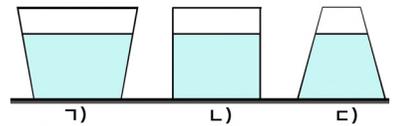



그림 5-23

3. 물이 있는 그릇에 나무로 만든 구를 넣었다. 구를 넣기 전과 넣은 후 그릇의 바닥에 주는 물의 압력과 누르는 힘을 비교하였을 때 아래의 문장들중에서 정확한것은 어느것인가? 그 근거를 밝혀보아라.

ㄱ) 압력은 변하지 않았고 누르는 힘도 변하지 않았다.

ㄴ) 압력은 커졌고 누르는 힘도 커졌다.

ㄷ) 압력은 변하지 않았고 누르는 힘은 커졌다.

ㄹ) 압력은 커졌고 누르는 힘은 변하지 않았다.

제5절. 대 기 압

대기압이란 무엇인가

우리 둘레에는 눈에 보이지 않는 공기가 차있다. 다시말하여 지구겉면은 공기층으로 덮여있는데 이 공기층을 **대기**라고 부른다. 이러한 대기의 두께는 약 1 000km이다.

물속에 있는 물체가 물의 압력을 받는것처럼 대기속에 있는 물체도 대기의 압력을 받지 않겠는가.

유리고뿌에 물을 가득 부어넣고(고뿌안에 공기가 없어야 한다.) 매끈하면서도 두꺼운 종이로 고뿌아구리를 덮은 다음 손을 대여 종이가 떨어지지 않게 하면서 고뿌를 거꾸로 들고 종이에서 손을 떼면 종이가 떨어지지 않고 물도 쏟아지지 않는다.(그림 5-24)

그림 5-24. 물이 쏟아지지 않는다

무슨 힘이 종이를 고뿌아구리쪽으로 미는가.

이것은 대기가 종이에 주는 압력이 아니겠는가. 이것을 실험으로 알아보자.

실 험

○ 유리관에 피스톤을 꽂고 그 한끝을 물속에 잠근 다음 피스톤을 당겨본다. 물이 피스톤을 따라 올라온다.(그림 5-25)

○ 유리관에 꽂은 피스톤을 계속 당겨 관에서 뽑아본다. 물이 피스톤을 따라 올라오다가 그것이 관에서 벗어나는 순간에 올라왔던 물이 본래자리로 되돌아간다.

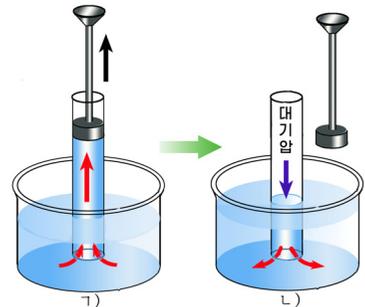



그림 5-25. 대기압이 있는가를 알아보는 실험

물이 피스톤을 따라 올라오게 되는것은 관안의 물과 피스톤사이에 공기가 없는 공간이 생기고 관밖의 물면을 대기압이 누르기때문이다. 피스톤을 관에서 완전히 뽑으면 올라왔던 물은 본래자리로 내려간다.

이와 같이 지구겉면과 거기에 있는 모든 물체에는 대기의 압력이 작용한다.

대기가 물체에 주는 압력을 **대기압** 간단히 **기압**이라고 부른다.

지구겉면에서 대기압은 파스칼의 법칙에 따라 모든 방향에서 같은 크기로 작용하기때문에 우리는 항상 대기압을 받으면서도 그것을 느끼지 못한다.

그러면 대기압이 있게 되는것은 무엇때문인가.

공기는 지구의 중력을 받으므로 공기를 이루는 분자들의 많은 량이 지구둘레에 모여있으면서 대기속에 있는 물체와 끊임없이 부딪쳐 대기압이 생긴다. 그러므로 대기압은 지구겉면가까이의 대기층에서 제일 크며 높이에 따라 작아진다.(그림 5-26)

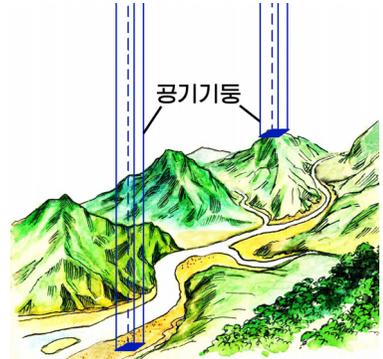



그림 5-26. 대기압은 높이에 따라 달라진다

대기압의 크기

이딸리아의 물리학자 토리첼리(1608-1647)는 《대기의 무게》를 알아내기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다.(그림 5-27)

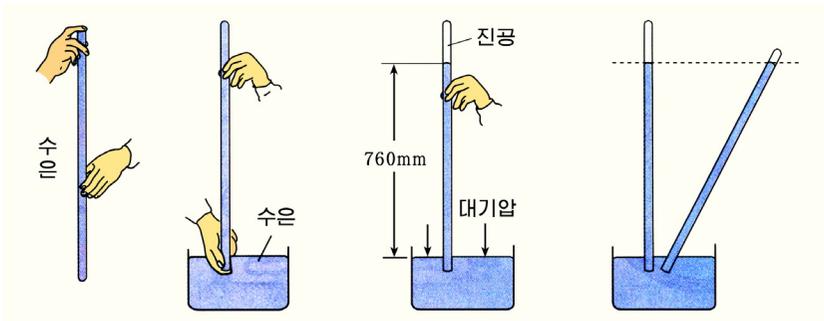



그림 5-27. 토리첼리실험

마그데부르그반구실험

1654년 도이췰란드의 마그데부르그에서 두 금속반구를 맞대고 공기를 뽑은 다음 말8마리씩 량쪽에서 잡아끄는 실험을 진행하였다.(그림 5-28) 이것을 통하여 대기압이 실지로 존재한다는것을 알게 되였다.

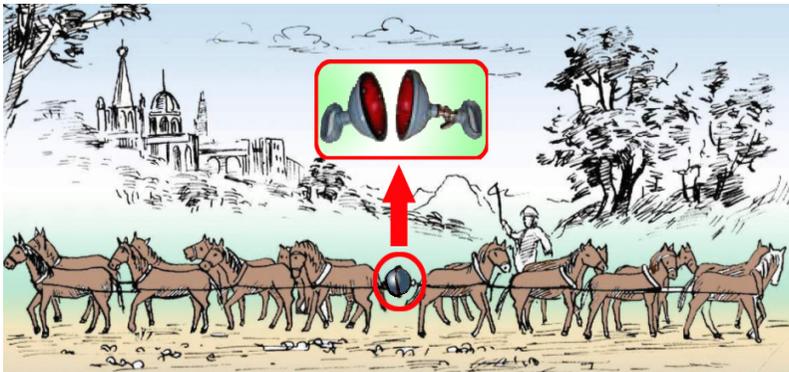



그림 5-28. 마그데부르그반구실험

길이가 1m이고 한끝이 막힌 유리관에 수은을 가득 채운 다음 열린 끝을 손가락으로 막고 수은이 담긴 그릇에 거꾸로 세우고 손가락을 떼였다.

중력의 작용으로 관속의 수은이 내려오다가 높이가 760mm 될 때 멎었다. 이것은 관안에서 수은기둥이 만드는 압력과 관밖에서 수은면을 누르는 대기압이 같다는 것을 말한다.

결국 대기압의 크기는 760mm의 수은기둥이 밑면에 만드는 압력과 같다.

이것을 **표준대기압(표준기압)**이라고 부른다.

이때 수은기둥우에는 빈 공간 즉 진공상태가 생기는데 이것을 **토리첼리진공**이라고 부른다.

표준대기압의 크기를 구해보자.

대기압이 수은기둥을 올려미는 힘은 대기압을 P, 유리관의 자름면적을 S라고 할 때 PS이다. 한편 밀도가 ρ인 수은기둥의 높이가 h일 때 수은기둥의 무게는 ρgSh이다. 이때 두 힘이 비기는 상태에서 다음식이 성립한다.

$$P=\rho gh$$

수은의 밀도가 $13.6\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$이고 수은기둥의 높이가 $h=0.76\mathrm{m}$이므로 $P=13.6\times10^3\mathrm{kg/m^3}\times9.8\mathrm{N/kg}\times0.76\mathrm{m}\approx1.013\times10^5\mathrm{N/m^2}$이다. 즉

표준대기압 $P\approx1.013\times10^5\mathrm{Pa}$

대기압의 리용

우리 생활에서는 대기압을 리용하는 실레들을 많이 볼수 있다.

물을 퍼올리는 뽐프도 대기압을 리용한것이다.(그림 5-29)

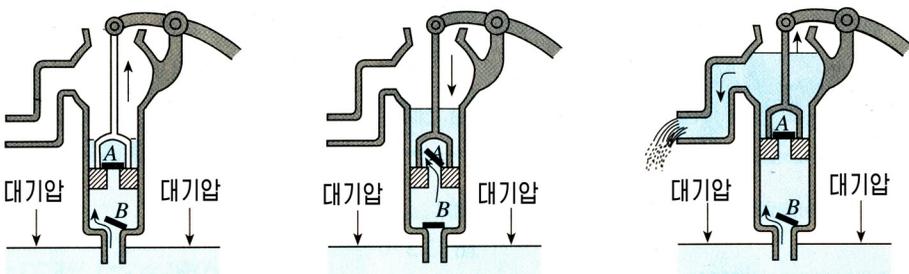



그림 5-29. 물뽐프의 구조와 작용원리

피스톤이 우로 움직일 때 대기압의 작용으로 변 B가 열리면서 피스톤을 따라 물이 올라온다. 피스톤이 아래로 움직이면 피스톤밑에 있는 물의 작용으로 변B는 닫기고 동시에 물의 압력으로 피스톤에 설치된 변 A는 열린다. 결과 변 A를 통과하여 물이 올라온다. 다음 피스톤이 우로 운동할 때 올라온 물이 관을 따라 흘러나온다. 동시에 피스톤을 따라 새로운 물이 올라오면서 이러한 과정이 반복된다.

만년필에 잉크를 넣을 때, 이동식걸개고리를 벽에 고정시키는것도 대기압을 리용한것이다.(그림 5-30)

자전거다이야에 공기를 넣을 때 뽐프손잡이를 내려누르면 공기가 들어가고 올리면 들어간 공기가 나오지 않는것은 무엇때문인가?

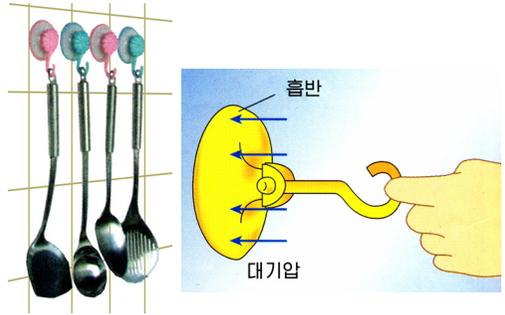



그림 5-30. 대기압을 리용한 걸개고리

문제

1. 대기를 이루는 공기분자들이 지구의 중력을 받는데 왜 지구겉면에 다 떨어지지 않고 일정한 두께로 지구를 둘러싸고있는가?
2. 토리첼리실험에서 수은기둥의 높이는 76cm 이다. 만일 관의 자름면적을 1/2로 작게 하면 수은기둥의 높이는 얼마로 되여야 하는가? 그 리유를 말하여라.
   만일 수은기둥을 오른쪽, 왼쪽으로 경사지게 놓으면 그 높이는 어떻게 달라지는가?
   만일 물을 리용하면 그 높이는 얼마이겠는가?
3. 우리 몸겉면 $1cm^2$에는 대기로부터 얼마만한 힘이 작용하고있는가?
   이것은 몇 kg 의 짐의 무게에 해당되는가?

제6절. 련 통 관

련통관의 원리

물을 담은 주전자나 물뿌무개는 기울이여 주둥이가 물면보다 낮아질 때 물이 흘러나온다.(그림 5-31) 두개이상의 관의 밑부분을 련결하여 그속에 들어있는 액체가 자유롭게 오갈수 있도록 련결된 관을 **련통관**이라고 부른다.(그림 5-32)

그림 5-31. 기울이면 물이 흘러나온다

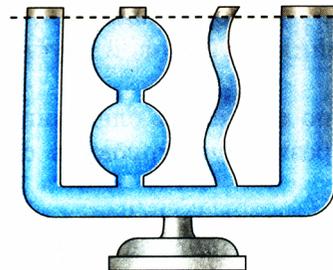



그림 5-32. 련 통 관

이러한 련통관에 어떤 원리가 작용하는가를 실험으로 밝혀보자.

실험

○ 두 유리관을 련결한 고무관을 집게로 눌러 막고 한쪽 유리관에 물을 넣은 다음 집게를 열어 관을 따라 물이 흐를수 있게 한다. 이때 두 유리관에서 물면의 높이가 꼭같아진다.(그림 5-33의 ㄱ, ㄴ)

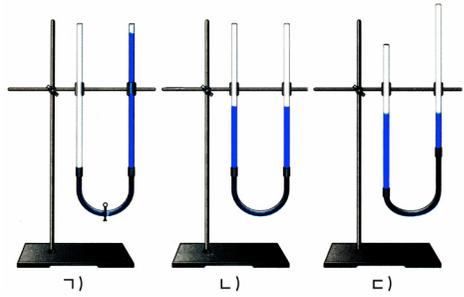



그림 5-33. 두 유리관에서 물높이가 같아진다

○ 한쪽 유리관을 다른쪽 유리관보다 높게 들어올리거나 경사지게 해본다. 두 유리관에서 물면은 언제나 수평을 보장한다.(그림 5-33의 ㄷ)

○ 모양이나 자름면적이 서로 다른 유리관에 물을 넣고 유리관들의 물면을 관찰해본다. 매 유리관들에서도 물면의 높이는 꼭같다.(그림 5-32)

이로부터 무엇을 알수 있는가.

련통관에서 들어있는 같은 종류의 액체가 멎어있을 때 액면의 높이는 관의 모양이나 자름면적에 관계되지 않고 언제나 꼭같다. 이것을 **련통관의 원리**라고 부른다.

그러면 련통관의 원리가 왜 작용하는가.

련통관에 있는 액체가 흐르지 않을 때 액면의 높이가 언제나 꼭같게 되는것은 두 관에서 액체의 밀도가 같고 그 높이도 꼭같으며 이로 하여 액체의 압력이 꼭같기때문이다. 만일 련통관의 한쪽을 들어올리면 두 관에서 압력이 꼭같아지도록 들어올린쪽으로부터 낮은쪽으로 액체는 흐르게 된다.

액체속에서의 압력은 액체의 밀도와 높이에만 관계되기때문에 자름면적이 서로 다른 관속에서도 이 원리가 작용한다.

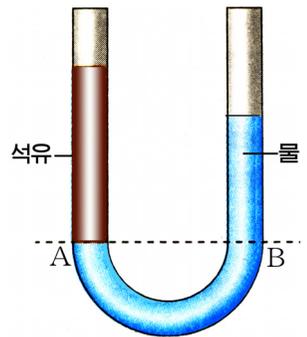



그림 5-34. 밀도가 다른 두 종류의 액체

생각하기 그림 5-34와 같이 만일 련통관의 량쪽에 밀도가 서로 다른 액체(서로 섞이지 않는 액체)를 넣으면 두 관에서 액면의 높이는 어떻게 되겠는가?

련통관원리의 리용

련통관의 원리는 우리 생활과 기술분야에서 널리 쓰인다.

속을 들여다볼수 없는 통안에 액체가 얼마나 들어있는가를 알아보는 기구인 액면계는 련통관의 원리를 리용하여 만든다.(그림 5-35)

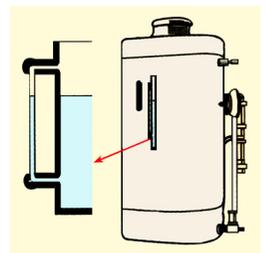



그림 5-35. 액면계

갑문들에서 높이차가 있는 물길로 배들을 넘기는데도 련통관의 원리가 리용되고 있다.(그림 5-36)

저수탑은 집보다 높은 곳에 있다. 수도설비에서 저수탑과 집안의 수도관들은 련통관을 이루고있다.(그림 5-37)

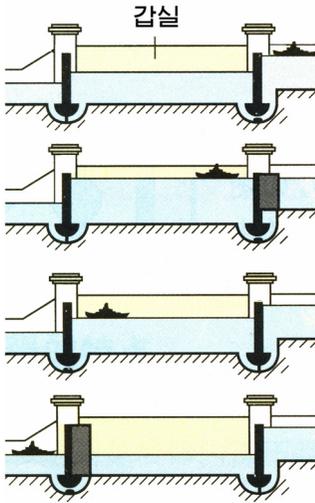



그림 5-36. 갑 문

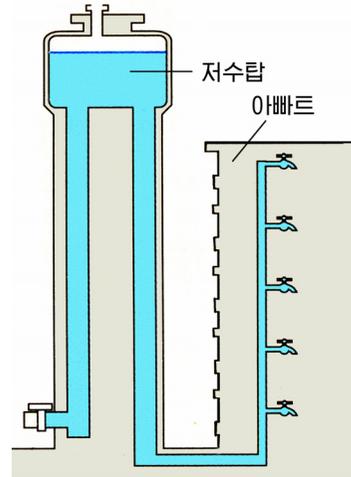



그림 5-37. 저수탑

고무관으로 높은 곳에 있는 그릇에 담긴 액체를 낮은 곳에 있는 그릇에 흘러가게 해보자.

먼저 관에 액체를 가득 넣고 두손으로 관의 두 아구리를 막은 다음 관의 한끝을 액면이 높은 그릇의 액체속에 넣고 다른 끝을 아래에 있는 그릇에 넣는다. 그 다음 손을 떼면 높은 곳에 있는 그릇의 액체가 저절로 관을 통하여 낮은 곳에 있는 그릇에 흘러간다. 이것을 **싸이폰현상**이라고 부른다.(그림 5-38)

액체가 왜 액면보다 높은 곳으로 거슬러올라갔다가 내려오는가?

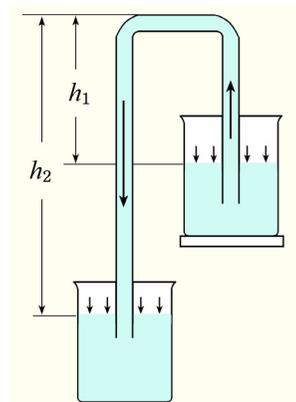



그림 5-38. 싸이폰현상

문 제

1. 련통관을 써서 분수를 만들어보아라. 소형분수가 더 높이 솟게 하려면 어떻게 하여야 하는가?
2. 싸이폰관에서 공기가 새면 싸이폰현상이 일어나겠는가? 왜 그런가?
3. 그림 5-36에서 갑문으로 배가 드나드는 리치를 설명하여라.

제 7 절. 뜰 힘

뜰힘이란 어떤 힘인가

우리는 체험을 통하여 물밖에서는 들기 어려운 물체도 물속에서는 쉽게 들수 있다는것을 알고있다. 그리고 우리 몸도 물속에 들어가면 가볍게 느껴진다. 이것은 물속에 있는 물체에는 중력만이 아니라 다른 힘이 더 작용한다는것을 말한다.

물속에서 작용하는 이러한 힘은 어떤 힘이겠는가.

그것을 실험으로 알아보자.

실 험

○ 추를 측력계에 매달고 그 무게가 얼마인가를 잰다.

○ 다음 측력계에 추를 매단채로 물을 넣은 비커속에 잠그어본다. 공기속에서보다 눈금값이 작아진다.(그림 5-39)

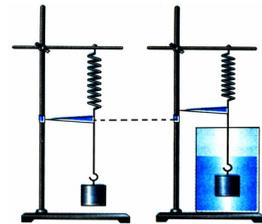



그림 5-39. 뜰힘을 알아보는 실험장치

이 실험을 통하여 물체를 물속에 넣으면 넣지 않았을 때보다 측력계눈금값이 감소된다는것을 알수 있다.

이것은 물속에 잠긴 물체에 물이 올려미는 힘을 주기때문이다.

물체가 액체나 기체속에 잠겼을 때 액체나 기체가 물체를 올려미는 힘을 **뜰힘**이라고 부른다.

뜰힘의 크기

그러면 액체속에 잠긴 물체가 받는 뜰힘의 크기는 무엇에 관계되겠는가.

가득찬 액체속에 물체를 잠그면 물이 넘어난다.

뜰힘의 크기는 이 넘어나는 물과 어떤 관계에 있겠는가.

이것을 실험으로 알아보자.

실험

○ 그림 5-40의 ㄱ와 같이 빈 비커와 추를 측력계에 걸고 그 눈금을 본다.

○ 다음 그림 5-40의 ㄴ와 같이 추를 물이 가득 담긴 물그릇에 넣고 넘어난 물을 받는다. 그리고 이때 측력계의 눈금을 본다.

○ 이번에는 넘어난 물을 추우에 매단 빈 비커에 쏟고 눈금을 본다.(그림 5-40의 ㄷ) 이때의 눈금값을 처음값과 비교해보면 꼭같다.

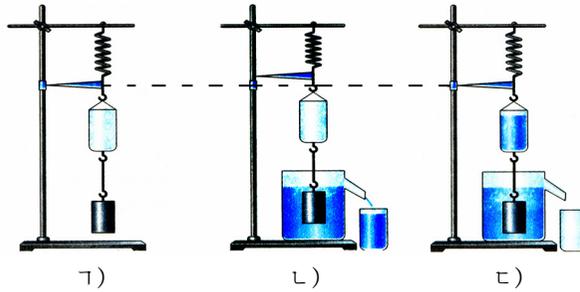



그림 5-40. 뜰힘법칙 알아보기실험

실험으로부터 다음과 같이 말할수 있다.

뜰힘의 크기는 액체속에 잠긴 물체가 밀어낸 액체의 무게와 같다. 이것을 **뜰힘의 법칙** 또는 **아르키메데스의 법칙**이라고 부른다.

아르키메데스법칙은 다음과 같은 식으로 쓸수 있다.

뜰힘=액체의 밀도×g×물체가 밀어낸 액체의 체적

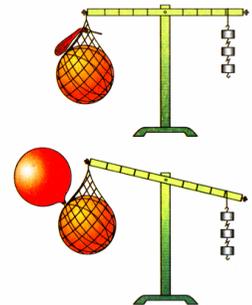
$$F_{뜰} = \rho_{액}\, g\, V$$

아르키메데스의 법칙은 액체뿐만아니라 기체속에서도 성립한다. 이것은 그림 5-41과 같은 실험으로 알아볼수 있다. 고무풍선에 공기보다 가벼운 기체를 넣으면 저울의 평형이 파괴된다. 그것은 고무풍선이 뜰힘을 받아 무게가 작아졌기때문이다.

이와 같이 그 어떤 물체든지 액체나 기체속에서는 뜰힘을 받게 되며 여기에 아르키메데스의 법칙이 성립한다.

그림 5-41. 기체속에 있는 물체도 뜰힘을 받는다

뜰힘이 생기는 원인

물체가 액체나 기체속에 잠겼을 때 어떻게 뜰힘이 생기게 되는가를 밝혀보자.

직6면체모양의 물체가 그림 5-42와 같이 물속에 잠겨있을 때 파스칼의 법칙으로부터 물체의 량옆면에 작용하는 힘의 크기는 꼭같고 서로 비긴다. 그러나 물체의 아래웃면에 작용하는 힘은 액체의 압력이 깊이에 비례하는것으로 하여 꼭같지 않다.

물체의 웃면은 높이 h_1만 한 액체기둥의 힘 F_1를 받고 아래면은 높이 h_2만 한 힘 F_2을 받는다. F_2이 F_1보다 크므로 $F_2 - F_1 = F_{뜰}$만 한 뜰힘을 받는다.

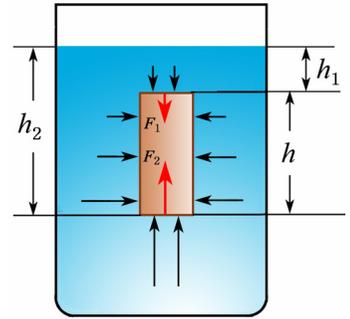



그림 5-42. 뜰힘이 생기는 리치

※ 파스칼의 법칙에 따라 같은 깊이에서 아래, 우, 량옆에서 압력은 꼭같이 작용한다.

일화 뜰힘법칙의 발견이야기

2천여년전 이딸리아의 씨칠리아섬에 시라쿠사왕국이 있었다.

어느날 국왕은 보석세공사에게 금을 주면서 왕관을 만들라고 하였다. 얼마후 매우 아름답고 황홀한 왕관을 받아든 왕은 매우 기뻐하면서도 의심이 들어 학자인 아르키메데스에게 왕관을 절대로 마스지 말고 정말 순금으로 만들었는가를 알아내라고 하였다. 며칠째 이에 대해 골똘히 생각하던 그는 어느날 아침 목욕을 하려고 물이 가득찬 욕조속에 들어갔다. 이때 물이 욕조밖으로 흘러넘쳤다. 여기서 실머리를 찾은 아르키메데스는 급히 뛰여나와 《알아냈다!》고 기뻐서 소리치며 집으로 달려갔다.

드디여 왕관문제를 해결하는 방법을 찾아낸 아르키메데스는 왕앞에 나타나 왕관과 같은 무게의 금덩어리를 가져오도록 하였다. 그리고 왕관과 금덩어리를 각각 물에 잠그면서 넘어난 물의 체적을 재여 그것이 차이난다는것을 보여주었다.

아르키메데스는 이번에는 왕관과 같은 무게의 은덩어리를 가져오게 하여 왕관에 섞여있는 은의 량까지 정확히 계산하여 왕에게 알려주었다.

[례제] 어떤 물체를 공기속에서 측력계에 걸었을 때 19.6N 이였다. 이것을 물에 완전히 잠그었을 때 14.7N 을 가리켰다. 이 물체의 체적은 얼마인가?

풀이방향: 뜰힘의 크기를 알고 물체의 체적을 구할수 있다.

풀이. 주어진것: $F_1 = 19.6\text{N}$

$F_2 = 14.7\text{N}$

$\rho_{물} = 1\ 000\text{kg/m}^3$

구하는것: $V_{물체}$?

물속에 넣으면 이 물체가 받는 뜰힘의 크기는

$$F_{뜰} = F_1 - F_2 = 19.6\text{N} - 14.7\text{N} = 4.9\text{N}$$

물체가 물속에 완전히 잠길 때 물체의 체적은 밀어낸 물의 체적과 같으므로 물체의 체적을 구하면

$$F_{뜰} = \rho_{물} g V_{물}, \qquad V_{물} = V_{물체}$$

$$V_{물체} = \frac{F_{뜰}}{\rho_{물} g} = \frac{4.9}{1\ 000 \times 9.8} = 0.000\ 5(\text{m}^3)$$

답. 500cm^3

문 제

1. 질량과 체적이 꼭같은 3개의 물체를 서로 다른 종류의 세가지 액체속에 잠그었더니 그림 5-43과 같다. 어느 구가 받는 뜰힘이 제일 큰가? 세가지 종류의 액체가운데서 밀도가 제일 큰 액체는 어느것인가?

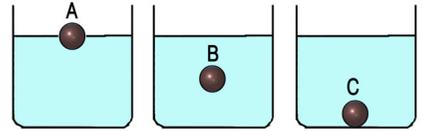



그림 5-43

2. 체적이 꼭같은 나무쪼각과 쇠쪼각을 물에 완전히 잠글 때 물속에서 받는 뜰힘의 크기는 같겠는가, 다르겠는가?
3. 천평의 한쪽에는 연덩어리를 달아매고 다른쪽에는 알루미니움덩어리를 달아매여 평형을 이루었다. 이것을 물속에 잠그면 평형이 유지되겠는가?

제 8 절. 물체의 뜰 조건

액체속에서 물체의 뜰 조건

여러가지 물체들을 물속에 넣으면 물우에 뜨는 물체도 있고 가라앉는 물체도 있으며 완전히 가라앉지 않고 물속에 떠있는 물체도 있다.

그러면 액체속에 있는 물체가 어떤 조건에서 뜨거나 가라앉는가를 보자.

액체속에 잠겨있는 물체에는 드림선아래로 향하는 중력과 드림선우로 향하는 뜰힘이 작용한다.(그림 5-44)

그림 5-44. 물체에 작용하는 중력과 뜰힘

그림 5-45의 ㄱ와 같이 뜰힘이 중력보다 크면 물체는 우로 떠오른다. 즉 $F_{뜰} > F_{중}$이면 물체는 떠오른다.

그림 5-45의 ㄴ와 같이 뜰힘이 중력과 같으면 물체는 액체속의 일정한 깊이에서 떠있다. 즉 $F_{뜰}=F_{중}$이면 물체는 떠있다.

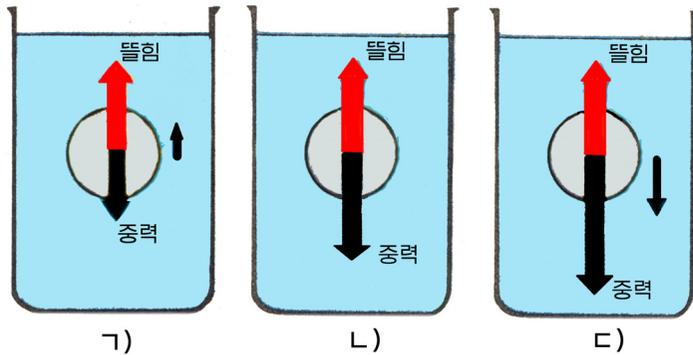



그림 5-45. 물체의 뜰 조건

그림 5-45의 ㄷ와 같이 뜰힘이 중력보다 작으면 물체는 바닥에 가라앉는다. 즉 $F_{뜰}<F_{중}$이면 물체는 가라앉는다.

떠오르던 물체가 액체걸면우로 솟아오르면 일정한 높이만큼 떠올라 멎고만다. 그것은 물체가 액체걸면에 솟아나면 물에 잠긴 체적이 줄어들어 뜰힘이 점점 약해지다가 나중에는 뜰힘이 중력과 같아지기때문이다.

이것을 좀 더 구체적으로 따져보자.

물체의 체적이 V이고 밀도가 $\rho_{물체}$이라고 하면 중력은 $\rho_{물체}gV$이고 뜰힘은 아르키메데스의 법칙에 따라 $\rho_{액체}gV$이다.

물체가 뜨려면 뜰힘이 중력보다 커야 하므로 $\rho_{액체}gV>\rho_{물체}gV$

즉

$$\rho_{액체}>\rho_{물체}$$

물우에 누워서 책을 볼수 있는 사해

아시아의 중동지역에 있는 사해는 흘러나가는 물줄기가 없는 막힌 호수이다.

그 면적은 1 050km^2로서 가장 깊은 곳의 물깊이는 348m이며 물면높이는 지중해의 물면보다 408m나 더 낮다. 소금기가 평균 260‰나 되는 이 호수는 바다물소금기보다 거의 7.5배나 더 높다. 그러므로 호수의 밀도가 커서 매우 큰 뜰힘을 받으므로 물우에 누워서도 책을 볼수 있다. 호수에서는 세균을 제외한 모든 생물체는 살수 없다. 이런데로부터 사람들은 사해라고 불렀다고 한다.

여기로부터 다음과 같은 결론을 내릴수 있다.

<u>물체의 밀도가 액체의 밀도보다 작으면 물체는 뜨고 크면 물체는 가라앉는다.</u>

<u>물체의 밀도가 액체의 밀도와 같으면 액체속의 일정한 위치에서 떠있게 된다.</u>

그러므로 액체의 밀도가 서로 다른 물, 알콜, 석유, 수은속에서 물체가 뜨거나 가라앉는 정도는 다르다.

철로 만든 물체는 물이나 알콜에서는 가라앉지만 수은에서는 뜬다. 그리고 얼음의 밀도는 물의 밀도보다 작으므로 물우에 뜬다. 섞여지지 않는 액체 즉 물과 석유를 한그릇에 담으면 그릇의 밑부분에는 밀도가 큰 물이 놓이고 웃부분에는 밀도가 작은 석유가 놓인다.

기체속에서 물체의 뜰 조건

공기와 같은 기체속에서 고무풍선과 같은 기구들은 뜰힘을 받는다. 기체속에서 받는 뜰힘의 크기는 액체에서와 마찬가지로 기체속에 잠긴 물체가 밀어낸 기체의 무게와 같다.

$$F_{뜰}=\rho_{기체}gV_{물체}$$

따라서 액체에서와 마찬가지로

$F_{뜰}>F_{중력}$이면 떠오르고

$F_{뜰}=F_{중력}$이면 일정한 높이에 떠있고

$F_{뜰}<F_{중력}$이면 가라앉는다.

그림 5-46. 기구

이 힘의 차 $F=F_{뜰}-F_{중력}$가 기체속에서 물체가 뜨게 하는 힘이다.

대기층에 대한 연구를 목적으로 공중에 떠오르거나 떠있도록 하기 위하여 기구안에 수소나 헬리움기체를 넣는것은 바로 이때문이다.(그림 5-46)

기구의 뜰힘이 중력보다 크면 기구는 계속 떠오르다가 $F_{뜰}=F_{중력}$일 때 어떤 높이에 이르러 머물러있게 된다.

기구가 더 높이 떠오르자면 밑에 매단 짐을 떼버리면 된다.

그리고 기구가 땅으로 내려오도록 하자면 기구속의 기체를 뽑아버려 체적을 감소시킨다. 이때 뜰힘은 작아지며 기구는 밑으로 내려온다.

[례제] 체적이 $40m^3$인 기구에 헬리움기체가 차있다. 헬리움기체의 밀도가 $0.189kg/m^3$일 때 공기속에서 기구에 작용하는 뜰힘은 얼마인가? 거기에 얼마의 짐을 실을수 있는가?

풀이. 주어진것: $\rho_{헬리움}=0.189\text{kg/m}^3$

$\rho_{공기}=1.29\text{kg/m}^3$

$V=40\text{m}^3$

구하는것: $F_{뜰}$?, $P_{짐}$?

공기속에서 기구에 작용하는 뜰힘은

$$F_{뜰}=\rho_{공기}gV=1.29\text{kg/m}^3\times9.8\text{N/kg}\times40\text{m}^3\approx505.7\text{N}$$

기구에 차있는 헬리움의 질량은

$$m_{헬리움}=\rho_{헬리움}\cdot V=0.189\text{kg/m}^3\times40\text{m}^3=7.56\text{kg}$$

이므로 무게는 다음과 같다.

$$P_{헬리움}=m_{헬리움}\cdot g=7.56\text{kg}\times9.8\text{N/kg}\approx74.1\text{N}$$

따라서 기구에 매달수 있는 짐의 무게는

$$P_{짐}=F_{뜰}-P_{헬리움}=505.7\text{N}-74.1\text{N}=431.6\text{N}$$

답. 약 505.7N, 431.6N

물고뿌속에 닭알을 넣고 물에 소금을 조금씩 넣으면서 닭알이 떠오르는가를 알아보아라. 왜 그런가?

문제

1. 다음의 판단중에서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝히여라.
   ㄱ) 밀도가 큰 액체속에서 물체가 받는 뜰힘은 밀도가 작은 액체속에서 받는 뜰힘보다 반드시 크다.
   ㄴ) 공 A의 체적은 공 B의 체적보다 크다. 그것들을 물속에 넣은 후 공 A는 물면에 뜨고 공 B는 바닥에 가라앉았다. 공 A가 받는 뜰힘은 공 B가 받는 뜰힘보다 크다고 할수 있다.
   ㄷ) 속이 비지 않은 어떤 물체가 물속에 떠있다. 그것을 두 부분으로 가르면 큰 덩이는 가라앉고 작은 덩이는 우에 뜬다.
   ㄹ) 물에서 나무토막은 뜨고 쇠덩이는 가라앉는것은 나무토막에 작용하는 중력이 쇠덩이에 작용하는 중력보다 작기때문이다.
2. 무게가 2N인 물체를 물속에 잠그면 1.75N으로 된다. 어떤 액체속에 잠그면 1.8N으로 된다. 물체의 밀도와 이 액체의 밀도를 구하여라.
3. 물에 떠있는 나무토막을 물속에 밀어넣었다가 놓아주면 다시 떠오른다. 왜 그런가?

제9절. 배와 잠수함

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라는 세면이 바다로 둘러싸여있는 해양국인것만큼 선박공업을 발전시키는 것이 매우 중요합니다.》

위대한 수령 **김일성**대원수님과 위대한 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 자립적인 선박공업기지가 튼튼히 꾸려진 우리 나라에서는 수만t급의 대형선박을 비롯한 현대적인 배들을 많이 무어내여 해상운수와 수산업을 발전시키고있다.

배

철과 같은 물질은 물보다 밀도가 큰데 그것으로 만든 배는 어떻게 물우에 뜰수 있는가.(그림 5-47)

그림 5-47. 배

철로 만든 배가 물우에 뜨자면 배에 작용하는 뜰힘이 중력보다 커야 한다.

그것을 다음과 같은 실험으로 알아보자.

실험

○ 작은 병속에 물(또는 모래)을 채워서 마개를 막은 다음 물그릇에 넣어보자. 그러면 작은 병은 물에 가라앉는다.(그림 5-48)

○ 다음은 작은 병속에 있는 물(또는 모래)을 뽑아서 빈 병으로 만든 다음 마개를 막고 물그릇에 넣어본다. 이때 작은 병은 물에 뜬다.

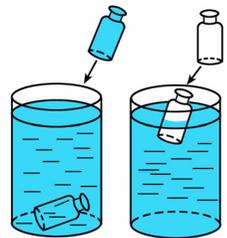



그림 5-48. 뜰힘 알아보기실험

이 실험으로부터 물보다 밀도가 큰 물질이라도 속이 비면 물에 뜰수 있다는것을 알수 있다.

그러므로 철로 만든 물건이라도 그속을 비게 하면 물우에 뜰수 있다. 이것이 철로 만든 배가 물우에 뜨는 리치이다.

배가 물에 떠있을 때는 배의 중력과 뜰힘의 크기가 같다.

배에 짐을 실으면 중력이 더 커져서 배는 물속에 그만큼 더 잠기게 된다. 이때 배는 짐을 싣지 않았을 때보다 더 많은 물을 밀어내기때문에 그만큼 뜰힘도 커진다.

배의 옆면에는 짐을 그 이상 더 실어서는 안된다는것을 표시하는 선이 있는데 이 선을 **잠긴선**이라고 부른다.(그림 5-49)

그림 5-49. 배의 잠긴선

그리고 배가 잠긴선까지 잠길 때 밀어낸 물의 질량을 **배수량**이라고 부른다. 배수량은 배에 짐을 최대로 실었을 때 배와 짐의 질량을 더한것과 같다.

배에 짐을 실을 때에는 잠긴선이 물면아래로 내려가지 않게 해야 한다. 그렇지 않으면 위험이 생기게 된다.

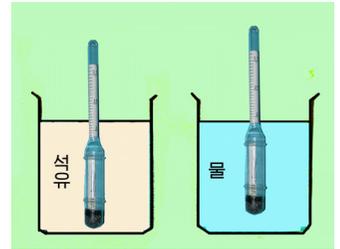



그림 5-50에는 물과 석유에 띄워놓은 밀도계를 보이였다. 밀도계로 밀도를 재는 리치는 무엇이겠는가?

그림 5-50. 밀도계

잠 수 함

잠수함은 자체의 중력을 변화시켜 물속으로 들어가 항행하거나 물우에 뜨게 만든 배이다. 잠수함에서는 물통을 리용하여 무게를 변화시킨다.(그림 5-51)

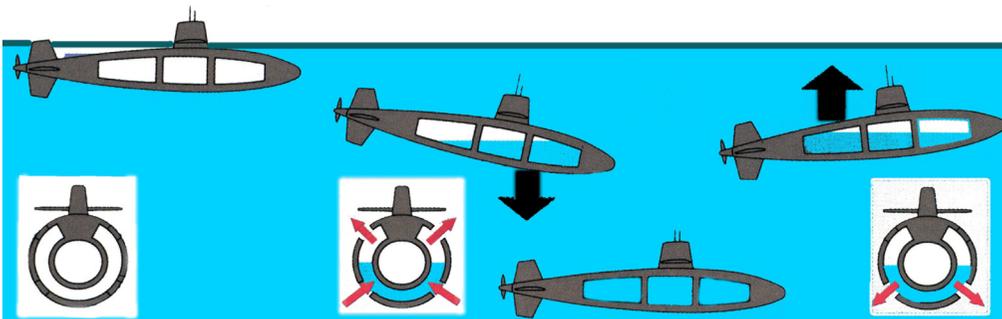



그림 5-51. 잠수함이 뜨고 가라앉는 리치

물통에 물을 채우면 배의 중력이 뜰힘보다 커서 물속으로 가라앉고 물통의 물을 뽑으면 배의 중력이 뜰힘보다 작아지면서 물우에 떠오르게 된다.

참고 도 크

도크는 조선소 또는 선박수리공장들에서 배를 뭇거나 선박을 수리할 때 리용한다.

도크는 뜨고 가라앉을수 있게 그림 5-52와 같은 모양으로 되여있다.

선박을 수리하기 전에 먼저 도크에 물을 가득채워서 일정한 깊이에 가라앉힌 다음에 수리하려는 선박을 도크우에 끌어다놓는다.

다음 도크안의 물을 뽑아버리면 도크가 떠오르면서 수리하려는 선박은 도크우에 놓이게 된다. 그러면 도크가 배와 함께 물면우에 올라오므로 수리하기에 편리하다.

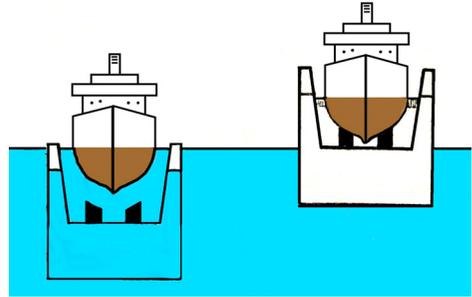



그림 5-52. 도 크

문 제

1. 배가 강에서 바다로 나가면 잠긴선은 어떻게 변화되겠는가? 그 리유를 밝혀보아라.
2. 배수량이 3 500t급(약 3 430만N)인 배가 있다. 이 배의 무게가 1 700만N이면 짐을 얼마나 실을수 있는가?
3. 강에 떠있는 떼의 면적이 8m^{2}이다. 여기에 짐을 실은 후 처음보다 20cm 더 잠겼다. 떼에 얼마의 짐을 실었는가?
4. 빈 통 3개로 떼를 무었다. 통 하나의 체적은 1.7m^{3}이고 그의 무게는 2 000N이다. 이때에 얼마만한 짐을 실을수 있는가?
5. 물과 석유에 밀도계를 넣었다. 밀도계가 석유에서 더 많이 잠기는 까닭을 말하여라.

복습문제

1. 바른6면체모양의 나무토막이 수평면우에 있다. 그것을 수직으로 절반 꽉같이 잘랐다. 그중 한토막이 바닥에 주는 힘과 압력에 대한 아래의 판단들가운데서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 말하여라.
   ㄱ) 누르는 힘은 변하지 않았고 압력도 변하지 않았다.
   ㄴ) 누르는 힘은 절반으로 작아지고 압력도 절반으로 감소하였다.
   ㄷ) 누르는 힘은 변하지 않았고 압력은 절반으로 감소하였다.
   ㄹ) 누르는 힘은 절반으로 감소하고 압력은 변하지 않았다.
2. 질량이 75kg인 사람이 걸어가면서 땅을 누르는 압력과 질량이 30t인 땅크가 누르는 압력의 크기를 비교하여보아라. 신발바닥의 면적은 150cm^2, 땅크의 한쪽 무한궤도가 땅에 닿는 면적은 $(4.9\times0.5)m^2$이다.

   (답. 약 1.22배)
3. 납작못을 100N의 힘으로 눌러 나무에 꽂는다. 납작못머리의 면적이 1cm^2일 때 손가락이 받는 압력은 얼마인가? 납작못끝이 나무에 주는 압력은 5×10^9 Pa이다. 압정끝의 면적은 얼마인가?

   (답. 1 000kPa, 0.02mm^2)
4. 그림 5-53과 같은 모양의 유리병에 물이 꽉 차있다. 용기의 질량은 m이고 병안에 밀도가 ρ인 액체가 꽉 차있다. 액체가 병의 바닥을 누르는 힘은 얼마이겠는가? 아래의 답들가운데서 정확한 답은 어느것인가?
   ㄱ) $F=9a^3\rho g$
   ㄴ) $F=12a^3\rho g$
   ㄷ) $F=9a^3\rho g+mg$
   ㄹ) $F=12\,a^3\rho g+mg$

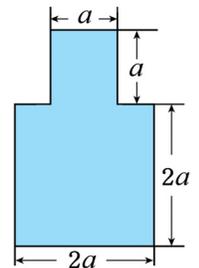
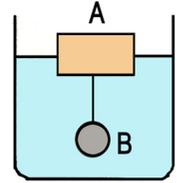



그림 5-53

5. 아빠트 1층에서 수도물의 압력이 400kPa이다. 그로부터 21m 더 높은 웃층에서는 수도물의 압력이 얼마이겠는가?

   (답. 194.2kPa)
6. 물을 조금 넣은 유리고뿌에 비닐막을 덮고 거꾸로 물속에 넣어보면서 다음의 경우에 비닐막이 어떻게 되는가를 알아보아라. 왜 그런가?
   ㄱ) 고뿌속의 물면이 그릇의 물면보다 더 높을 때
   ㄴ) 고뿌속의 물면이 그릇의 물면과 같을 때
   ㄷ) 고뿌속의 물면이 그릇의 물면보다 더 낮을 때

7. 그림 5-54에서 A는 나무토막, B는 금속이다. 이것들이 실로 련결되여있다. 만일 실을 끊으면 어떻게 되겠는가? 이때 물이 그릇의 바닥에 주는 힘과 압력에 대한 아래의 답들가운데서 정확한것을 찾고 그 근거를 밝혀라.

ㄱ) 힘과 압력은 크게 변한다.

ㄴ) 둘다 변하지 않는다.

ㄷ) 둘다 작게 변한다.

ㄹ) 누르는 힘은 일정하고 압력은 작아진다.

그림 5-54

8. 그림 5-55에서 피스톤 A, B, C는 서로 비기고있다. 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 물속에서 전달되는 압력은 얼마인가?

ㄴ) 피스톤 B의 머리우에 올려놓은 추의 무게는 얼마로 되여야 하는가?

ㄷ) 피스톤 C의 자름면적은 얼마인가?

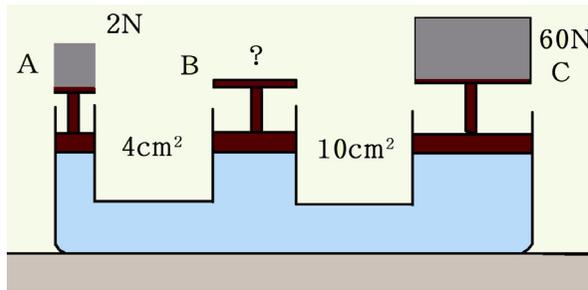



그림 5-55

(답. 5 000Pa, 5N, $120cm^2$)

9. 그림 5-56에서 A, B는 피스톤이고 C는 나무봉으로서 벽 D와 피스톤 A사이에 끼워있다. 피스톤의 자름면적이 $S_B = \frac{1}{3} S_A$, $S_B = S_c$이고 피스톤 B에 작용하는 힘 $F_B = 10N$이라면 벽 D를 수직으로 누르는 힘은 몇N인가?

(답. 30N)

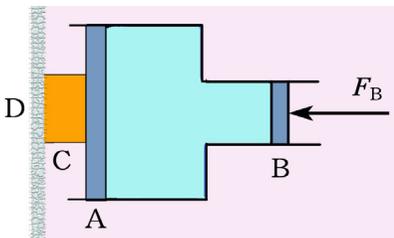



그림 5-56

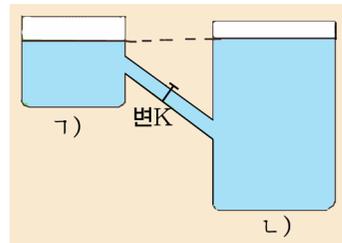



그림 5-57

10. 그림 5-57과 같이 두 그릇에 물이 차있다. 변 K를 열면 어떻게 되겠는가? 어

는 답이 맞는가?

ㄱ) 물이 ㄱ에서 ㄴ에로 흐른다.

ㄴ) 물은 ㄴ에서 ㄱ로 흐른다.

ㄷ) 물은 흐르지 않는다.

11. U자형관에 수은을 넣고 한쪽 관에 어떤 다른 액체를 쏟아넣었다. 이때 두 액체의 경계면으로부터 수은의 웃면은 3.5cm, 다른 액체의 웃면은 56cm 높이에서 정지하였다. 이 액체의 밀도를 구하여라.

(답. $0.85g/cm^3$)

12. U자형관에 수은을 넣은 다음 왼쪽에는 알콜을 5cm, 오른쪽에는 물을 8cm 높이로 넣었다. 이때 량쪽 수은면의 차가 0.29cm 되여 평형을 이루었다. 알콜의 밀도는 얼마인가? 수은의 밀도는 $13.6\times10^3kg/m^3$이다.

(답. 약 $0.81g/cm^3$)

13. 그림 5-58은 배낭식분무기이다. 그의 구조작용원리를 설명하여라.

14. 물면우에 나무토막이 떠있는데 그 체적의 2/5가 물면에 드러나있다. 나무토막의 밀도는 얼마인가?

(답. 0.6×10^3 kg/m^3)

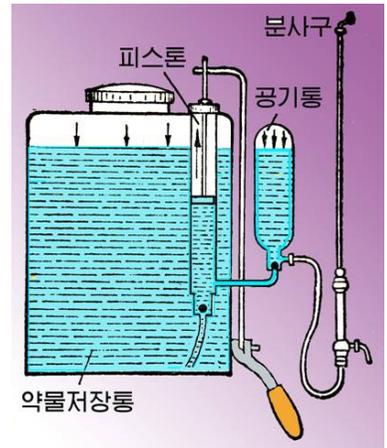



그림 5-58

실　험

실험 1. 가는 동줄의 직경과 종이장의 두께 측정

목 적

이 실험에서는 mm눈금자로 가는 동줄의 직경이나 종이장의 두께와 같은 작은 길이를 재는 방법을 익힌다.

기초지식

물체의 길이를 재는 자에는 여러가지가 있다. 운동장의 길이와 같은 비교적 큰 길이를 잴 때에는 m눈금이 새겨진 자로도 충분하지만 책상의 높이나 길이는 cm눈금자로 재야 한다. 그리고 연필과 학습장의 길이는 mm눈금자로 잴수 있으나 가는 동줄의 굵기나 종이장의 두께는 mm눈금자로 정확히 잴수 없다.

그러나 동줄이나 종이장을 여러번 겹쳐놓고 겹친 길이를 잰 다음 감은 회수나 겹친 장수로 나누면 가는 두께를 비교적 정확히 잴수 있다.

가는 동줄이나 종이의 직경 및 두께를 D, 감기거나 겹친 부분의 길이를 l, 감기거나 겹쳐진 회수를 n라고 하면 D는 다음과 같다.

$$D = \frac{l}{n}$$

측정의 정확도를 높이자면 측정회수 N을 크게 하면 된다. 실험에서 한번 잰 값은 정확한 값이라고 말할수 없다. 그러므로 여러번 측정한 값들을 더한 다음 측정회수로 나누어 그의 평균값을 얻으면 비교적 정확한 값이 얻어진다. 즉 평균값은

$$\overline{D} = \frac{D_1 + D_2 + \cdots + D_N}{N}$$

로 된다.

기구 및 재료

mm눈금자, 가는 동줄, 여러장의 종이(혹은 두꺼운 책), 판자(2개), 동줄감개(혹은 연필)

실험방법

1. 가는 동줄의 직경 측정

1) 동줄감개의 구멍에 동줄의 한끝을 고정하고 20회정도 틈이 없이 빽빽하게 감는다.

2) 동줄이 감긴 부분의 길이를 자로 잰다.(그림 1)

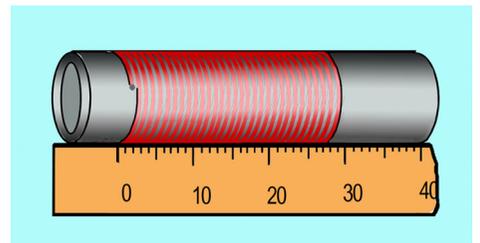



그림 1. 가는 동줄의 직경 측정

이때 자의 눈금을 동줄을 감은 첫 끝에 정확히 맞추고 감긴 부분의 마지막 끝과 꼭맞는 자의 눈금값을 읽는다. 눈금을 읽을 때 눈길이 자의 밑선에 수직으로 되여야 하며 자는 재려는 물체에 꼭 대야 한다. 감은 회수를 늘이면서 우와 같은 실험을 여러번 반복한다.

2. 종이장의 두께 측정

1) 여러장(50장정도)의 종이 한쪽 모서리들을 가지런히 맞추고 그것을 두 판자사이에 끼운다. 그리고 왼손으로 두 판자를 눌러잡고 두 판자사이의 거리를 자로 잰다.(그림 2) 종이장은 300페지 혹은 그 이상의 두꺼운 책을 리용해도 된다.

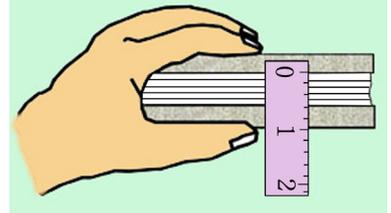



그림 2. 종이장의 두께 측정

2) 종이장수를 늘이면서 우와 같은 실험을 반복한다.

결과 및 분석

1) 측정결과를 다음의 표에 기록하고 동줄의 직경과 종이장의 두께 및 평균값을 얻는다.

동줄인 경우

실험 번호	감긴 부분의 길이 l[mm]	감은 회수 n	동줄의 직경 $D=\frac{l}{n}$	평균값 $\overline{D}$ [mm]
⋮				

종이장인 경우

실험 번호	두 판자사이거리 l[mm]	종이장수 n	종이 한장 두께 $D=\frac{l}{n}$	평균값 $\overline{D}$ [mm]
⋮				

2) 실험에서 동줄의 감은 회수와 종이장수가 많거나 작을 때 측정결과에서 어떤 차이가 있는가를 따지고 측정의 정확도를 높이기 위한 방도를 찾는다.

과 제

1. 왜 가는 종이장의 두께를 잴 때 여러장의 종이를 판자로 눌러주어야 하는가?
2. 가는 줄의 직경을 잴 때 감개의 직경이 측정에 영향을 주겠는가? 감개의 직경이 작은것이 좋은가, 큰것이 좋은가?
3. 빳빳한 자를 가지고 축구공의 직경을 어떻게 결정하겠는가?

실험 2. 메스실린더에 의한 체적 측정

목 적

이 실험에서는 메스실린더로 액체와 고체의 체적을 재는 방법을 익힌다.

기초지식

메스실린더는 보통 한 눈금간격이 $1cm^3$ (mL)단위로 잴수 있게 눈금이 새겨져 있으며 $5cm^3$로 된것도 있다. 그리고 10mL, 50mL, 100mL, 200mL, 500mL, 1 000mL까지의 체적을 잴수 있는 여러가지 규격들이 있다.(그림 3)

그림 3. 메스실린더의 종류

그림 4. 메스실린더에 액체를 붓는 방법

메스실린더에 액체를 넣을 때에는 메스실린더의 아래쪽을 왼손으로 잡고 오른손으로 물을 쏟되 벽을 따라 흘러내리도록 해야 한다.(그림 4)

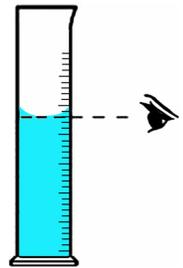
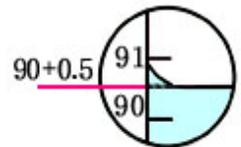
메스실린더에 액체를 넣으면 액체가 벽을 따라 조금 올라오므로 오목한 아래면에 맞는 눈금을 읽어야 한다.(그림 5)

그림 5. 눈금 보는 법

그리고 액체면이 아래 우의 두 눈금중 어느 눈금에 가까운지 알아내기 힘들 때에는 한 눈금값의 절반을 아래눈금값에 더해준다.(그림 6)

그림 6. 눈금 읽는 법

눈금을 읽을 때에 눈의 높이는 물면의 높이와 같아야 하며 시선이 메스실린더 축에 수직이여야 한다.

어떤 용기의 체적을 측정하려면 용기에 물을 가득채우고 그 물을 메스실린더에 넣어 측정한다. 메스실린더로 고체의 체적을 잴 때에는 고체를 넣기 전과 넣은 후의 물면의 눈금값을 읽고 그 값을 덜어주면 된다.

기구 및 재료

메스실린더, 물그릇, 비커, 피페트, 체적을 재려는 작은 병(메스실린더의 체적보다 작아야 한다.), 체적을 재려는 고체덩이, 실

실험방법

1) 용기의 체적측정

(1) 메스실린더의 한 눈금단위가 얼마인가를 알아본다.

(2) 비커로 작은 병(용기)속에 물을 가득차게 넣는다.

(3) 병의 물을 메스실린더에 붓는다.

(4) 메스실린더속의 물면높이에 해당한 눈금의 체적 값을 읽는다.

(5) 메스실린더의 물을 쏟아버리고 작은 병에 다시 물을 넣어 우와 같은 실험을 3회 반복한다.

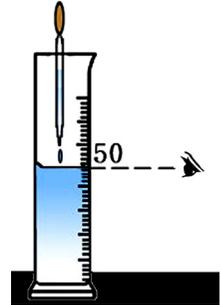



그림 7. 물면을 눈금에 맞추는 법

2) 고체의 체적측정

(1) 메스실린더에 고체가 충분히 잠길 정도로 물을 넣고 피페트로 물면을 눈금에 정확히 맞춘다.(그림 7) 이때의 체적을 V_1라고 한다.

(2) 고체를 실에 매달아 메스실린더의 물속에 잠그고 이때의 물면의 눈금을 읽는다.(그림 8) 이때의 고체와 액체의 체적을 더한 전체 체적을 V_2이라고 한다. 그러면 고체의 체적은 V_2-V_1로 된다.

(3) 메스실린더속에 넣은 물의 량을 달리 하면서 우와 같은 방법으로 V_1와 V_2을 잰다.

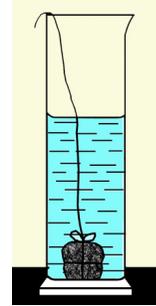



그림 8. 고체의 체적 측정

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록하고 용기의 체적과 고체체적의 평균값을 각각 구한다.

용기의 체적

실험번호	용기의 체적 [cm^3]	용기체적의 평균값 $\overline{V}_{용}$ [cm^3]
⋮		

고체의 체적

실험 번호	물의 체적 V_1 [cm^3]	물과 고체를 더한 체적 V_2 [cm^3]	고체의 체적 V_2-V_1 [cm^3]	고체체적의 평균값 $\overline{V}_{고}$ [cm^3]
⋮				

2) 용기의 체적과 고체의 체적측정과정에 생기는 오차가 생기는 요소들을 찾고 그를 줄이기 위한 방도를 찾는다.

과 제

1. 요구되는 일정한 체적의 액체를 얻으려고 할 때에는 어떻게 하여야 하는가?
2. 다음과 같은 경우에 고체의 체적을 어떻게 재는가?
   ㄱ) 나무나 파라핀과 같이 물에 뜨는 고체
   ㄴ) 메스실린더속에 들어갈수 없는 큰 고체
   ㄷ) 콩알이나 쌀알과 같이 작은 알갱이 하나의 체적
   ㄹ) 벽돌이나 백묵처럼 물이 잦아드는 고체
   ㅁ) 소금이나 사탕덩이처럼 물에 풀리는 고체
3. 유리고뿌에 물을 가득채웠다. 만일 이것보다 좀 작고 모양이 다른 그릇을 한개 더 가지고있을 때 유리고뿌안에 있는 물을 어떻게 꼭같은 량으로 나누겠는가?

실험 3. 천평에 의한 질량 측정

목 적

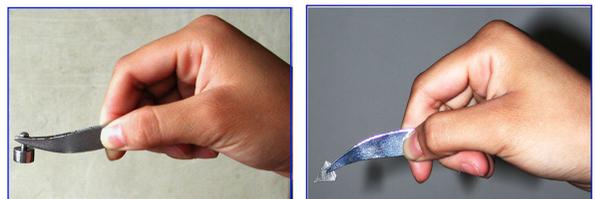
이 실험에서는 천평으로 질량을 재는 방법과 천평을 다룰 때의 표준조작을 익힌다.

기초지식

천평으로 질량을 재는 리치. 멎어있는 물체는 무거울수록 질량이 크다. 두 물체의 무게가 같으면 두 물체는 질량도 같다. 그러므로 천평의 량쪽 접시에 아무것도 올려놓지 않았을 때 평형을 이루게 한 다음 한쪽 접시에 물체를 올려놓고 다른 접시에 분동을 올려놓아 무게를 같도록 하면 천평이 평형을 이룬다. 이때 한쪽 접시우에 올려놓인 분동의 질량으로 다른쪽 접시에 올려놓은 물체의 질량을 알아낸다.

천평을 다룰 때 주의할 점

첫째로, 천평을 든든한 대우에 올려놓아 흔들리지 않게 하고 수평을 정확히 맞추어야 한다.

둘째로, 분동은 손으로 집지 말고 반드시 핀세트로 집어야 한다. 이때 g분동은 그림 9의 ㄱ와 같이 집어야 하고 mg분동은 그림 9의 ㄴ와 같이 핀세트를 뒤집어 집어야 한다.

ㄱ)

ㄴ)

그림 9. 핀세트로 분동을 집는 방법

셋째로, 분동은 큰것부터 차례로 접시우에 놓아야 하며 내릴 때는 제 자리에 놓아야 한다.

넷째로, 접시우에 뜨거운 물체나 젖은 물체 또는 어지러운 물체를 올려놓지 말아야 한다.

다섯째로, 가루로 된 물질은 종이로 싸서 놓아야 한다.

기구 및 재료

물리천평, 분동, 질량을 재려는 물체(3개)

실험방법

1) 천평이 실험대우에 수평으로 놓이도록 조절한다. 이때 연추를 보면서 밑판에 설치된 수평조절나사를 돌려 맞춘다.
2) 천평대바늘이 0눈금을 가리키도록 조절한다. 이때 천평대 량쪽 끝에 설치된 령점조절나사를 돌려 바늘이 0눈금을 가리키거나 0눈금을 중심으로 량쪽으로 꼭같이 기울어지도록 한다. 그 다음에 분동함을 천평가까이 오른쪽에 놓는다.(그림 10)
3) 질량을 재려는 물체는 왼쪽 접시의 가운데에 올려놓고 오른쪽 접시에 핀세트로 분동을 집어놓는다. 이때 큰 분동부터 올려놓되 큰 분동은 가운데에, 작은 분동은 큰 분동둘레에 차례로 놓는다.(그림 11)
   분동을 올려놓은쪽의 접시가 무거우면 맨 나중에 올려놓은 분동을 내리우고 차례로 그다음 분동을 올려놓는다.
4) 바늘의 기울어짐이 0눈금의 량쪽에서 같아지면 물체를 접시우에서 내리우고 큰 분동부터 내리우면서 분동들의 질량값을 더하여 물체의 질량을 구한다.
5) 물체를 다른것으로 바꾸어 우와 같은 방법으로 질량을 재면서 천평다루기를 익힌다.

그림 10. 분동함의 위치

그림 11. 분동 올려놓는 방법

결과 및 분석

1) 측정된 값을 다음의 표에 기록한다.

실험번호	물체이름	분동들의 질량값(g)	물체의 질량(g)
⋮			

2) 천평으로 잴수 있는 질량의 제일 큰 값과 제일 작은 값은 얼마인가를 밝힌다.

과 제

1. 천평으로 질량을 측정할 때 오른쪽 접시우에 분동을 작은것부터 올려놓으면 어떻게 되겠는가?
2. 천평으로 액체의 질량을 재려면 어떻게 하여야 하는가를 다음의 경우에 실험해보고 밝혀라.
   ㄱ) 주어진 액체의 질량을 재는 방법
   ㄴ) 일정한 질량의 액체를 취하는 방법

실험 4. 측력계의 눈금 새기기

목 적

이 실험에서는 용수철의 늘어난 길이가 용수철을 당기는 힘에 비례한다는것을 확증하고 측력계의 눈금새기는 방법을 익힌다.

기초지식

측력계에 눈금을 새기는 원리는 무엇인가.

그것은 용수철에 힘의 크기를 아는 어떤 힘들을 작용하였을 때 용수철이 늘어난 자리들에 눈금을 새겨두면 크기를 모르는 다른 힘이 작용하였을 때 용수철이 늘어난 자리의 눈금을 보고 그 힘의 크기를 알수 있다는것이다. 그런데 용수철이 늘어난 길이는 작용한 힘의 크기에 비례하기때문에 측력계의 눈금도 같은 간격으로 새기면 된다.

눈금을 새길 때 힘의 단위는 1N이다. 실례로 51g의 추에 작용하는 중력의 크기는 0.5N이다.

기구 및 재료

용수철이 매달린 판대기, 고정대, 꼭같은 추(0.5N 또는 1N짜리 5개), 흰 종이오리, 연필, mm눈금자, 붙임띠

실험방법

1) 용수철이 매달린 판대기의 웃부분의 고리를 고정대에 걸어놓는다. 용수철의 아래끝에 눈금을 가리킬수 있는 바늘을 붙이고 눈금을 새길수 있게 흰 종이오리를 판대기에 붙임띠로 붙인다.
2) 용수철의 아래끝걸개고리에 짐을 걸지 않았을 때 평형상태에서 바늘이 가리키는 자리에 연필로 눈금을 새기고 0이라고 쓴다.
3) 걸개고리에 추 하나를 더 걸었을 때 바늘이 가리키는 자리에 눈금을 새기고 추

의 무게와 같은 값을 쓴다.

4) 걸개고리에 같은 추를 더 걸어 추가 2개, 3개, … 될 때마다 우와 같은 방법으로 눈금을 새기고 해당한 값을 쓴다. 값을 쓸 때 우의 눈금값을 더한 값을 써야 한다.(그림 12)

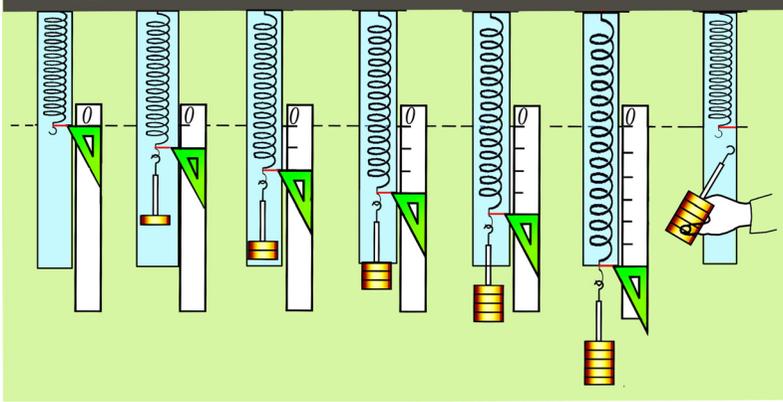



그림 12. 측력계에 눈금새기는 방법

5) 용수철에서 추를 떼여낸 다음 고정대에서 판대기에 붙인 종이오리를 떼여내고 이웃눈금사이 길이를 mm눈금자로 정확히 잰다.

6) 한 눈금사이를 적당히 등분한 점에 눈금을 새기고 그에 맞는 값을 써넣는다. 그리고 같은 눈금간격으로 아래에 계속 눈금을 더 새긴다.

결과 및 분석

1) 판대기에서 눈금을 새긴 종이오리를 떼여 실험보고서에 붙인다.

2) 용수철에 매단 추의 무게에 따르는 용수철의 늘어난 길이를 표에 기록한다.

용수철을 당기는 힘 F[N]						
용수철이 늘어난 길이 ℓ[mm]						

3) 용수철을 당기는 힘과 늘어난 길이사이의 관계그라프를 그리고 비례관계가 있는가를 따진다.(그림 13) 그리고 추를 더 달지 않고도 같은 간격으로 눈금을 계속 새길수 있는 리치를 밝힌다.

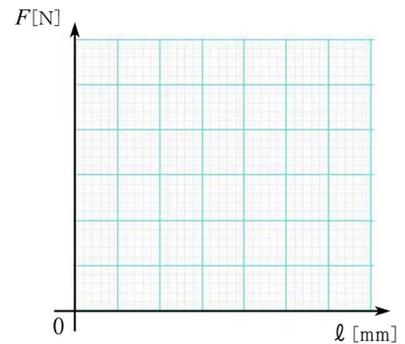



그림 13. 용수철을 당기는 힘과 늘어난 길이사이관계그라프

과 제

1. 큰 힘을 재는 측력계와 작은 힘을 재는 측력계의 용수철은 어떻게 다른가?
다음의 표에 써넣어라.

용수철	작은 힘을 재는 측력계	큰 힘을 재는 측력계
강철선의 굵기		
감은 회수		
감은 직경		

2. 고무줄로 측력계를 만들어 물체의 무게를 재여보아라.

실험 5. 도르래를 쓸 때의 힘과 일

목 적

이 실험에서는 도르래를 쓸 때 힘과 이동한 거리 및 일사이관계를 밝히고 일의 원리를 검증한다.

기초지식

고정도르래나 이동도르래를 쓸 때 일에서는 리득을 볼수 없다. 그러나 고정도르래를 쓰면 힘의 방향을 바꿀수 있으므로 일을 편리하게 할수 있다. 그리고 이동도르래를 쓰면 무거운 물체도 그의 절반만 한 힘으로 보다 쉽게 일할수 있다. 무게가 P인 물체를 h만 한 높이로 직접 들어올릴 때 하는 일과 고정도르래나 이동도르래를 썼을 때 같은 높이까지 올리는 힘이 하는 일을 따지면 일전달의 원리를 검증할수 있다.

기구 및 재료

도르래 2개, 고정대, 측력계, 자(2개), 실, 추(짐), 펜

실험방법

1) 고정도르래를 쓸 때의 힘과 일

(1) 측력계로 짐의 무게 P를 잰다.(그림 14의 ㄱ)

(2) 그림 14의 ㄴ와 같이 짐을 달아맨 실의 다른 끝을 고정도르래를 걸쳐 측력계에 잇는다.

(3) 측력계의 고리와 짐의 첫 위치를 펜으로 표시하고 측력계로 천천히 등속으로 당기는 힘 F를 잰다.

(4) 측력계를 멈추고 짐이 올라간 높이 h와 측력계로 실을 당긴 거리 S를 잰다.

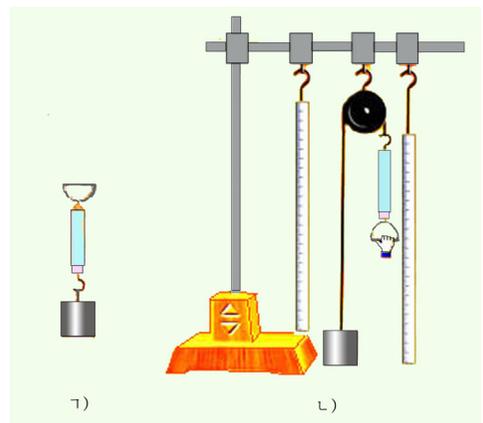



그림 14. 고정도르래를 쓸 때의 일

(5) 실험 (3)～(4)의 과정을 5회이상 반복한다.

(6) 측력계를 등속으로 천천히 당기면서 드림선방향, 수평방향 또는 임의의 방향으로 당기면서 힘의 크기가 달라지는가를 확인한다.

2) 이동도르래를 쓸 때의 힘과 일

(1) 측력계로 짐과 이동도르래의 무게 P를 잰다.(그림 15의 ㄱ)

(2) 그림 15의 ㄴ와 같이 이동도르래에 짐을 매달고 측력계로 줄을 아래로 등속으로 천천히 당기는 힘 F를 잰다.

(3) 짐이 올라간 높이 h와 측력계로 실을 당기는 거리 S를 잰다.

(4) 측력계의 당기는 힘을 늦추어 처음상태에 놓고 실험 (2)～(3)의 과정을 5회이상 반복한다.

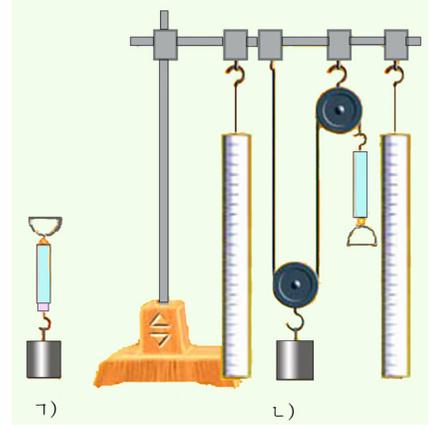



그림 15. 이동도르래를 쓸 때의 일

결과 및 분석

1) 측정값을 다음의 표에 기록하고 직접 들어올릴 때와 도르래를 걸쳐 들어올릴 때의 일과 그의 평균값을 각각 구하고 비교한다. 그리고 오차원인을 밝힌다.

구 분	실험번호	P [N]	h [m]	F [N]	S [m]	$A_1=Ph$	$A_2=FS$
고정도르래의 경우	⋮						
이동도르래의 경우	⋮						

2) 고정도르래를 쓰는 경우 측력계를 당기는 힘이 방향에 따라 크기가 어떻게 변화되는가에 대한 관측결과를 쓰고 일에서 편리한 점이 무엇인가를 밝힌다.

3) 힘과 이동거리 그리고 일의 관계를 따진다.

과제

1. 측력계는 용수철에 힘을 아래로 작용할 때 눈금을 새겼다. 그런데 실험에서는 힘을 드림선우로 당길 때 값을 보았다. 이때 측력계의 눈금이 정확한 값을 가리키겠는가? 실험을 정확히 하려면 어떻게 하여야 하는가?

2. 짐을 직접 들어올릴 때 수행한 일과 도르래를 썼을 때 수행한 일을 비교하면 서로 약간의 차이가 있다. 그 원인이 무엇인가를 밝히여라.

실험 6. 경사면을 쓸 때의 일과 일효률 측정

목 적

이 실험에서는 경사면을 따라 짐을 올릴 때 하는 일의 크기와 일효률을 결정하고 일효률을 높이기 위한 방도를 찾는다.

기초지식

경사면을 리용하면 작은 힘으로 무거운 짐을 높은 곳에 올릴수 있다. 그 대신 짐을 움직이는 거리는 멀어지고 경사면과의 마찰력때문에 더 많은 일을 하게 된다. 짐을 직접 들어올릴 때의 일을 A_1, 경사면을 따라 움직일 때의 일을 A_2이라고 하면 일효률은 다음과 같다.

$$\eta = \frac{A_1}{A_2} \times 100$$

기구 및 재료

경사면, 나무토막(한 면은 매끈한 철판을 대였다.), 측력계, 자, 고정대

실험방법

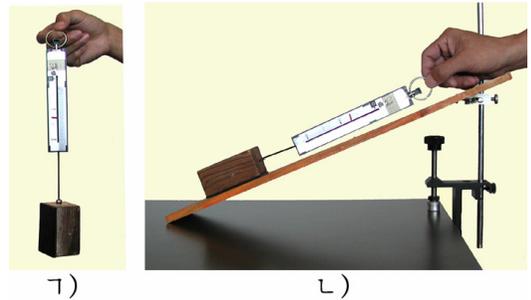
1) 측력계로 나무토막의 무게 P를 측정한다.(그림 16의 ㄱ)
2) 그림 16의 ㄴ와 같이 고정대로 경사각이 30°정도 되게 경사면을 설치하고 경사면의 길이 S와 높이 h를 잰다.
3) 경사면우에 밑면이 나무와 접하도록 나무토막을 올려놓고 여기에 측력계를 건 다음 경사면을 따라 천천히 등속으로 끌어올리면서 끄는 힘 F를 측정한다. 이때 측력계를 잡아당기는 힘의 방향은 경사면방향으로 되여야 한다.

ㄱ) ㄴ)

그림 16. 경사면을 쓸 때의 일

4) 실험을 3회 반복한다.
5) 나무토막을 뒤집어 철판면이 경사면과 접하도록 하고 실험 3)~4)의 과정을 반복한다.

결과 및 분석

1) 측정결과값을 표에 기록하고 일과 일효률을 구한다.

나무토막의 접촉면	실험 번호	F [N]	S [m]	$A_1 = \overline{F} \cdot \overline{S}$	P [N]	h [m]	$A_2 = Ph$	$\eta = \frac{A_2}{A_1} \times 100$
나 무	⋮							
	평균값							
철	⋮							
	평균값							

2) 실험에서 측정된 힘 F 값과 $F = Ph/S$ 로 계산된 값을 비교하고 차이나는 원인을 밝힌다.
3) 경사면을 쓸 때의 일 A_1 와 직접 들어올릴 때의 일 A_2 의 차이가 왜 생기며 나무토막과 경사면과의 접촉면에 따라 그 차이가 어떠한가를 따진다.
4) 나무토막과 경사면과의 접촉면에 따라 일효률의 크기가 어떻게 달라지며 일효률이 무엇에 관계되는가를 따지고 효률을 높이기 위한 방도를 찾는다.

과 제

1. 경사면의 길이가 같을 때 경사각이 커질수록 끌어올리는 힘이 어떻게 달라지는가? 그리고 일효률은 어떻게 달라지는가?
2. 경사면의 높이가 같을 때 경사면의 길이가 길어질수록 끄는 힘이 어떻게 달라지겠는가? 이때 일효률은 어떻게 달라지겠는가?

실험 7. 액체속의 물체가 받는 뜰힘 알아보기

목 적

이 실험에서는 액체속에 잠긴 물체가 받는 뜰힘과 잠기면서 밀어낸 액체의 무게를 비교함으로써 뜰힘법칙을 확증한다.

기초지식

측력계에 물체를 매달고 그의 무게를 공기속에서 측정했을 때의 F_1 와 액체속에 잠그었을 때의 무게 F_2 을 측정하면 그 차는 물체가 액체속에서 받는 뜰힘과 같다. 즉

$$F_1 - F_2 = F_{뜰} \tag{1}$$

물체를 액체속에 잠글 때 물체가 잠기면서 밀어낸 액체를 따로 받아서 그의 무게를 뜰힘과 비교하면 꼭같은 값을 가진다.

$$F_{뜰} = P_{물} \tag{2}$$

식 1과 2의 관계를 측정하면 뜰힘법칙을 확증할수 있다.

기구 및 재료

측력계, 흐름관이 달린 물그릇, 아래우에 걸개고리가 달린 그릇, 작은 비커, 고정대, 체적이 다른 철덩이 2개, 물, 메스실린더

실험방법

1) 측력계를 고정대에 걸고 밑의 고리에 고리가 달린 그릇을 건 다음 그밑에 철덩이를 건다. 이때 측력계의 눈금(F_1)을 읽는다.(그림 17의 ㄱ)
2) 철덩이밑에 흐름관이 달린 그릇을 놓고 여기에 물이 흘러나올 때까지 가득 붓는다. 그리고 측력계를 매단 고정대를 천천히 내리여 철덩이가 물속에 잠기면서 흘러나오는 물을 빈 비커에 받는다. 이때 고체덩이는 물속에 완전히 잠기되 바닥이나 옆벽에 닿지 말아야 한다.

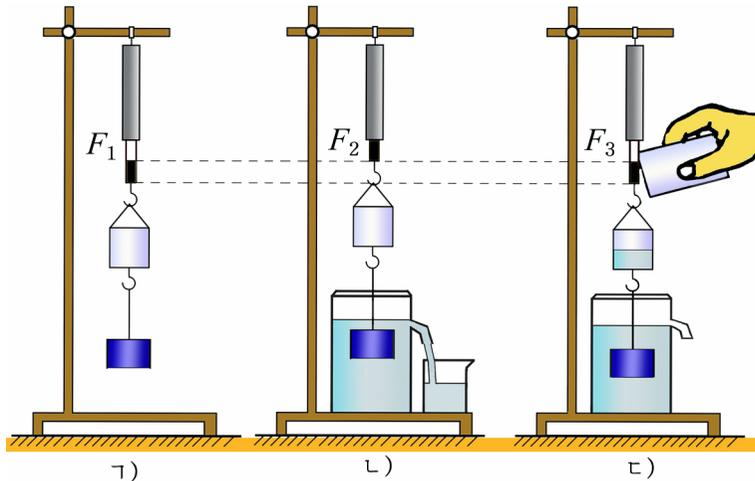



그림 17. 뜰힘 알아보기 실험

3) 철덩이가 물속에 완전히 잠겼을 때 측력계의 눈금 (F_2) 을 읽는다.(그림 17의 ㄴ)
4) 비커에 받은 물을 고리달린 그릇에 부어넣고 평형이 이루어진 다음 측력계의 눈금 (F_3) 을 읽는다.(그림 17의 ㄷ)
5) 체적이 다른 철덩이를 바꾸어달고 우와 같은 방법으로 실험을 반복한다.
6) 마지막으로 두 철덩이에 실을 매여 메스실린더에 잠그어 체적을 각각 측정한다.

결과 및 분석

1) 측정된 값들을 표에 기록하고 뜰힘을 구한다.

실험 번호	F_1 〔N〕	F_2 〔N〕	$F_{뜰}=F_1-F_2$	F_3 〔N〕	$F_{뜰}=F_3-F_2$	$F_{뜰}/P_{물}$
⋮						

2) 측정결과에 기초하여 다음과 같은 결론이 옳은가를 따진다.

ㄱ) 고체가 물속에 잠길 때 고체의 체적만 한 물이 밀려나온다.

ㄴ) $F_2<F_1$로 되는것은 고체덩이가 물속에서 뜰힘을 받았기때문이다.

ㄷ) 뜰힘의 크기는 고체가 물속에 잠기면서 밀어낸 물의 무게와 같다.

ㄹ) 뜰힘은 물속에 잠긴 고체의 체적에 비례한다.

3) 실험에서 측정된 뜰힘과 계산된 ρgV 값을 비교하고 있을수 있는 오차원인을 찾는다.

과 제

1. 물속에 잠긴 물체가 받는 뜰힘의 크기가 잠긴 고체의 체적에 비례하는 리유를 설명하여라.
2. 작은 나무막대기가 원기둥모양의 좁은 그릇안에 있는 물우에 떠있다. 자만을 가지고 나무막대기의 밀도를 구하는 방법을 찾아내여라.
3. 메스실린더에 물이 가득 들어있고 그밑에 닭알이 잠겨있다. 물을 쏟지 말고 어떻게 닭알을 꺼낼수 있겠는가?

실험 8. 뜰힘에 의한 고체의 밀도 측정

목 적

이 실험에서는 측력계로 공기와 액체속에서 물체의 무게를 측정하여 임의의 고체의 밀도를 구하는 방법을 알아본다.

기초지식

임의의 모양을 가진 고체의 체적을 어떤 리치로 결정할수 있겠는가.

체적이 V이고 밀도가 ρ인 고체덩어리를 공기속에서 측력계로 측정하였을 때 무게를 F_1이라고 하자. 그리고 고체덩이를 물속에 완전히 잠그고 측력계에 의해 측정된 무게를 F_2이라고 하자. 그러면 F_1-F_2이 뜰힘과 같으므로 다음과 같이 쓸수 있다.

$$F_1-F_2=\rho_{물}gV \qquad (1)$$

여기서 $\rho_{물}$은 물의 밀도이다. 한편

$$F_1=\rho gV \qquad (2)$$

이므로 고체의 체적은 다음과 같다.

$$V=\frac{F_1}{\rho g} \qquad (3)$$

식 3을 식 1에 넣으면

$$F_1-F_2=\frac{\rho_{물}F_1}{\rho} \qquad (4)$$

식 4에 의하여 고체의 밀도는 다음식으로 표시된다.

$$\rho = \frac{\rho_{물} F_1}{F_1 - F_2} \tag{5}$$

식 5로부터 공기속에서 측정된 물체의 무게 F_1와 물속에 잠그었을 때 측정된 물체의 무게 F_2를 측정하면 고체의 밀도를 결정할수 있다.

물의 밀도는 $\rho_{물} = 1\ 000 \mathrm{kg/m^3}$이다. 이 방법은 고체가 완전히 물속에 잠기는 물체인 경우에만 적용할수 있다.

기구 및 재료

측력계, 재려는 고체덩이(철 혹은 알루미니움), 물그릇, 물, 실

실험방법

1) 고체덩이에 실을 매여 측력계의 고리에 걸어 공기속에서 그의 무게 F_1를 측정한다.
2) 물그릇에 물이 넘어나지 않도록 붓고 측력계에 걸어놓은 고체덩이를 물속에 잠그어 측력계에 나타나는 무게 F_2을 측정한다.(그림 18)
3) 고체덩이를 물속에서 꺼내여 물기를 깨끗이 없앤 다음 우와 같은 방법으로 공기속에서와 물속에서 3회이상 반복하여 진행한다.

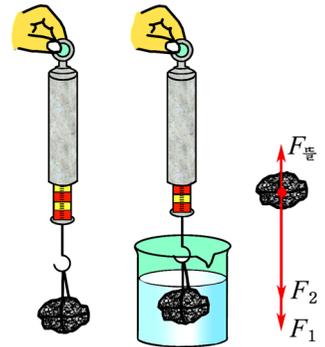



그림 18. 뜰힘을 알아보는 실험

결과 및 분석

1) 측정된 값을 다음의 표에 기록하고 식 5에 의하여 고체의 밀도를 구한 다음 그의 평균값을 얻는다.

실험 번호	공기속에서 무게 F_1[N]	물속에서 무게 F_2[N]	고체밀도 ρ [kg/m^3]	고체밀도의 평균값 $\bar{\rho}$
⋮				

2) 측정된 고체의 밀도값과 교과서에 있는 밀도표의 값을 비교하고 오차원인을 밝힌다.

과 제

1. 왜 물속에서는 물체의 무게가 작아지는가?
2. 메스실린더와 천평으로 체적과 질량을 측정한 다음 밀도를 구한 값과 실험에서 측정된 밀도값을 비교하여보아라.
3. 밀도를 재려는 고체덩이속에 빈 공간이나 흠집이 있는가를 어떻게 알아낼수 있는가?
4. 액체의 밀도는 어떤 방법으로 잴수 있는가?
5. 유리구안에 구모양의 공기방울이 있다. 이 공기방울의 체적을 어떻게 잴수 있는가?

찾아보기

확 산	95	diffusion	диффузия
끌 힘	99	force of attraction	сила притяжения
뜰 힘	126	buoyancy	плавучесть
아르키메데스 의 법칙	126	law of Archimedes	закон Архимедов
압 력	108	pressure	давление
열 운 동	94	thermal motion	тепловое движение
온 도	20	temperature	температура
운 동	29	motion	движение
유도단위	26	derived unit	производная единица
이동도르래	72	travelling pulley	талевой блок
일	63	work	работа
일전달의 원리	74	principle of transmission of work	принцип передачы работы
액체상태	87	liquid state	жидкое состояние
원 자	91	atom	атом

편찬위원회

김용진, 김영인, 한성일, 강영백, 박석원,
김창선, 류해동, 윤명실

총편집 박사 부교수 리종호

물 리 (제1중학교 제2학년용)
2판

집 필 교수 박사 김창화, 부교수 윤명실,
유경수, 우국남, 리익선, 김성남,
부교수 리재섭

심 사 심의위원회

편 집 손진영, 김경희

콤퓨터편성 김경희

장 정 백현민

교 정 한순희

낸 곳 교육도서출판사

인쇄소 평양교육도서인쇄공장

1 판발행 주체 96(2007)년 1 월 20 일

2 판인쇄 주체 101(2012)년 5 월 21 일

2 판발행 주체 101(2012)년 5 월 31 일

교-12-보-589

값 40 원